

# Savesta Oksideihin

Keramiikka ja keraamiset materiaalit korukäytössä

Lahden Ammattikorkeakoulu  
Muotoiluinstituutti  
Muotoilun koulutusohjelma  
Korumuotoilu

Opinnäytetyö AMK  
Kevät 2017

Penna Tornberg



# TIIVISTELMÄ

Avainsanat: Keramiikka  
Keraamiset materiaalit  
Oksidikeramiikka  
Koru  
Muotoilu

Tämä opinnäytetyö on tutkielma keramiikan ja keraamisten materiaalien käytöstä, mahdollisuuksista ja haasteista korukäytössä. Lisäksi aiheeseen vahvasti liittyen tutkin ja pyrin kehittämään uuden tavan yhdistää keramiikkaa ja metallia. Tutkimusprosessi keskittyi vahvasti materiaalikokeiluihin, testeihin ja niistä tehtyihin johtopäätöksiin.

Tutkimusprosessin päätteeksi suunnittelin korukonseptin, jossa keramiikkaa käytetään modernilla ja raikkaalla tavalla yhdessä metallin kanssa. Toteutin kaksi paria korvakoruja tällä konseptilla ja luonnostelin tapoja, joilla voin tulevaisuudessa varioida samaa mallia eri koruihin, kuten riipuksiin ja rintakoruihin.

Tämä kirjallinen versio jakautuu viiteen eri osioon. Ensimmäinen käsittää johdannon ja tavoitteet, toisessa käsitellään keramiikka ja keraamiset materiaalit, kolmannessa keraamiset materiaalit koruissa, neljännessä materiaalitutkimus ja viimeisessä korusarjan suunnittelu ja osittainen toteutus.

# ABSTRACT

Keywords: Ceramics  
Ceramic materials  
Oxide ceramic  
Jewelry  
Design

This thesis studies the possibilities and challenges of ceramic materials in jewellery. I researched unconventional ways of combining metal with ceramics with an aim to develop new techniques for the material. The central focus of my study was to test various materials and produce an information package based on my experiments and the conclusions made from them.

Following my research process I designed a jewellery concept that introduces a fresh and modern way of combining ceramics with metal. The collection consists of two produced sets of earrings and variations of the design of the earrings used in other pieces of jewellery, such as brooches and pendants. Said pieces remain on a concept level.

This thesis is divided into five sections. First section consists of the introduction and the elaboration of my personal goals, while the second unwraps ceramics and ceramic materials on a general level. The third part focuses on the usage of ceramic materials in the jewellery field and the fourth section includes my material research. In the final chapter I present my complete jewelry collection with the finished products.

## Johdanto

# 1

Tiivistelmä / Abstract - Avainsanat

● Sisällys  
4 Johdanto

## Taustoitus

# 2

5 Keramiikan historia  
6 Keraamiset materiaalit  
7 Käyttökohteet  
8 Ominaisuudet  
9 Savipohjainen Keramiikka  
10 Kivitavara  
10 Posliini

## Keramiikka koruissa

# 3

11 Nykytilanne  
12 Keramiikan haasteet materiaalina  
korukäytössä  
15 Tulevaisuus

## Materiaalitutkimus

# 4

17 Lähdemateriaalit  
18 Materiaalikoelut  
19 Keracast, Kuparioksidi, Kaoliini ja  
Flintti  
20 Paperikuitu ja Molokiitti  
21 Materiaalikoelujen johtopäätökset  
23 Keramiikan ja metallin liittäminen  
24 Keramiikan ja metallin liitämisen  
johtopäätökset  
26 Hammasposliini  
28 Hammasposliinin johtopäätökset

## Korusarja

# 5

30 Suunnitteluprosessi  
33 Luonnostelu  
36 Lopullinen muoto  
40 Tuotekuvat  
47 Arvioni, päätelmät ja kiitokset  
48 Lähteet  
49 Kvalälhteet  
50 Liite 1  
61 Liite 2  
64 Liite 3

# JOHDANTO

Ihmisen suhde keramiikkaan on erittäin vanha. Tämän materiaalin ominaisuudet ja luonne, sen maanläheisyys ja inhimillisyys tekevät siitä erittäin helposti lähestyttävän, mutta kuitenkin haastavan materiaalin, joka soveltuu erittäin moneen käyttöön. Minua kiehtoo se monipuolisuus ja vastakohtaisuus mitä keramiikka materiaalina ja tyylinä edustaa.

Keramiikan perusmateriaali eli erilaiset savet ovat ikivanhoja ja myös suurin osa työmenetelmistä pohjautuu vanhoihin menetelmiin, mutta nykyään käytetään ja tunnetaan myös paljon erilaisia oksidi- ja konstruktiokeraamisia materiaaleja, joiden voidaan sanoa olevan keramiikan seuraava sukupolvi. Käsitteenä ja mielikuvana keramiikka saattaakin olla vanhaa ja menneisyyttä, mutta samaan aikaan se on myös vahvasti sidoksissa nykypäivään ja tulevaisuuteen. Mielestäni noissa materiaaleissa onkin erittäin suuret mahdollisuudet ja ne tulevat yleistymään tulevaisuudessa erittäin paljon myös koruissa.

Vaikka keramiikka on vahvasti läsnä jokaisen arjessa ja olemme tottuneet käyttämään siitä valmistettuja tuotteita päivittäin, sitä ei käytetä koruissa kovinkaan yleisesti. Tästä syystä tietoa ja tutkimusta keramiikasta ja keraamisista materiaaleista korukäytössä löytyy tällä hetkellä huonosti tai ei ollenkaan. Halusinkin lähteä perehtymään näihin materiaaleihin lähemmin sekä kokeilemaan, kuinka niitä voi käyttää koruissa modernilla ja käytännöllisellä tavalla. Niinpä yksi tämän opinnäytetyön tavoitteista oli luoda yleispätevä opas keraamisten materiaalien ominaisuuksista, haasteista ja mahdollisuuksista koruissa.

Perehdyin aiheen taustoihin, eri materiaaleihin ja valmistustapoihin korumuotoilijan näkökulmasta. Tutkin eri materiaalien ominaisuuksia, haasteita ja mahdollisuuksia korukäytössä. Taustoituksen jälkeen tein kolmiosaisen konkreettisen materiaalitutkimuksen, jossa perehdyin savipohjaiseen keraamiseen materiaaliin materiaalikokeiden muodossa, tutkin metallin liittämistä keramiikkaan ja tutustuin hammasprotetiikassa käytettäviin keraamisiin materiaaleihin.

Lopuksi suunnittelin sekä osaksi toteutin korusarjan, jossa käytän keramiikkaa nykyaikaisella, raikkaalla ja materiaalille ominaisella tapaa hyväksi.

# TAUSTOITUS JA TUTKIMUS

## Keramiikan historia

Keramiikan historian voidaan sanoa olevan yhtä pitkä kuin ihmiskunnan historian. Maasta saatava savi oli ensimmäisiä materiaaleja, josta ihminen alkoi muokata ja valmistaa erilaisia tarve- ja koriste-esineitä. Ensimmäiset keraamiset esineet olivat pieniä keraamisia patsaita ja ruoanlaittoon ja –säilyttämiseen tarkoitettuja astioita. Keramiikasta valmistettujen käyttöesineiden ensimmäinen kehitysaskel tapahtuikin samaan aikaan maanviljelyn aloittamisen kanssa n. 9000 eaa. (Mattison, 2003, s. 6) Keramiikan kehitys onkin kulkenut tämän jälkeen käsi kädessä ihmiskunnan kehittymisen kanssa.

Eri puolilla maailmaa sijaitsevat kulttuurit ovat kaikki käyttäneet keramiikkaa astioihin, tiliin, veistoksiin ja eri käyttöesineisiin, mutta kiinalaiset oppivat ensimmäisenä tekemään valkoista posliinia, joka on kovinta savikeraamisista materiaaleista. Euroopassa tätä ei osattu ja siksi posliinia tuotiinkin tänne aina 1700-luvulle asti, kunnes saksassa avattiin euroopan ensimmäinen posliinitehdas vuonna 1710. (Rolf Dorset, 2007)

# Keraamiset materiaalit

”Keraamiset materiaalit ovat tavallisesti metallin ja epämetallin muodostamia yhdisteitä, jotka voivat sisältää kidefaaseja, lasifaaseja ja huokoisuutta.”  
(Jylhä-Vuorio, 2002, s.14)

Kun puhutaan keraamisista materiaaleista, tulisikin eritellä tarkemmin, onko kyse savipohjaisesta keramiikasta, oksidikeramiasta vai jostain muusta.

Perinteisellä termillä ”keramiikka” tarkoitetaan yleensä savipohjaisia materiaaleja ja niistä valmistettuja esineitä kuten astioita, laattoja, taide-esineitä, lämpöeristeitä ja saniteettiposliineja.

Keramiikan lisäksi yleiskielessä käytössä on termi keraami, jota käytetään ns. ”high-tech” materiaaleista, joissa savi korvataan puhtailla metallioksidoilla. Näitä materiaaleja käytetään laajasti eri teollisuudenaloilla niiden keveyden sekä korroosion- ja kuumuudenkestävyytensä takia. Myös esimerkiksi kellojen rannekkeita ja kellotaulun laseja valmistetaan oksidikeraamisista materiaaleista. (lefteri, 2003, s.17)

Teknisessä materiaaliluokituksessa termi keraami taas käsittää sekä normaalin savipohjaisen keramiikan että ”high-tech” keramiikan, myös mm. sementit, betonit, lasit, emalit, ydinpolttoaineet ja monet muut. Myös timantti luokitellaan keraamiksi sen verkkomaisen rakenteen vuoksi. (etälukion oppimateriaali)

” Keraami on yleisnimitys keraamisille materiaaleille, joita valmistetaan korkeissa lämpötiloissa polttoprosessilla epäorgaanisista lähtöaineista.”  
(Etälukion oppimateriaali)

Koska keraamisten materiaalien kirjo on niin laaja, materiaalikoikeiluni käsittävät ainoastaan savipohjaisia materiaaleja eli perinteistä keramiikkaa. Käsittelen kuitenkin keraamisia materiaaleja laajemmin osioissa ”Käyttökohteet“ ja ”keramiikka korukäytössä”.



Rado - rannekello - keraaminen materiaali

# Käyttökohteet

Savipohjaista keramiikka käytetään edelleen pääasiassa samoihin asioihin ja samalla tavalla kuin sitä on käytetty ennenkin. Toisaalta keraamisten materiaalien käyttö yleisesti on kasvanut uusien materiaali- ja valmistusinnovaatioiden myötä. Sekä savipohjaisten että Nykykeraamisten materiaalien käytöstä ja sovellutuksien laajasta kirjosta saa pienen käsityksen kirjasta “Ceramics, Materials For Inspirational Design, Lefteri Chris, 2003”.

Uusimpia innovaatioita ja käyttökohteita saavutetaan oksidi- ja konstruktiokeramiilla, joista kuluttajille yleisimpiä käyttökohteita ovat varmaankin keraamiset keittiöveitset, jotka valmistetaan pulverimaisesta zirkoniumdioksidista. Zirkoniumdioksidista valmistettu keraaminen materiaali on kevyempää, mutta 50 % kovempaa kuin teräs, kemiallisesti reagoimatonta ja erittäin jäykkää. (Lefteri, 2003, s. 18-19)

Myös avaruustekniikassa mm. avaruussukkuloiden lämpökilvet valmistetaan keraamisista materiaaleista niiden yliveraisen lämmönkestävyyden takia. Elektroniikkateollisuudessa keraamisia materiaaleja voidaan käyttää suprajohteina, lääketieteessä implanttien valmistamiseen (kuva 20) sekä ydinteknologiassa ydinpolttoainesauvojen materiaalina niiden kemiallisen reagoimattomuuden ansiosta. (Jylhä-Vuorio, 2002, s. 14, Lefteri, 2003, s. 20, 88) Teollisuudessa oksidikeraamisia materiaaleja käytetään esimerkiksi moottoreissa, leikkuuterissä ja laakereissa niiden kovuuden takia. Piinitridistä valmistetut laakerit ovat mm. 80 % kitkattomampia, kolme kertaa kovempia ja 60 % kevyempiä kuin teräksiset vastineensa. (Lefteri, 2003, s. 28)



Kyocera veitset - Zirkoniumdioksidi



Piinitridistä valmistettuja laakerikuulia ja koneen osia



Zirkoniumdioksidista valmistettuja hammasimplanteja ja oikeassa laidassa hampaan kruunu

# Ominaisuudet

Oksidi- ja muiden konstruktiokeraamien ominaisuuksista mainittiin jo edellä kappaleessa ”käyttökohteet”. Erilaisilla seoksilla voidaankin saavuttaa kuhunkin käyttökohteeseen optimaaliset ominaisuudet. Uudet modernit valmistusmenetelmät rikkovat vanhoja käsityksiä keraamisista materiaaleista pelkästään kovina ja joustamattomina materiaaleina. Kun esimerkiksi tarvitaan jousia, mitkä toimivat metalleille liian korkeissa lämpötiloissa, ne voidaan tehdä zirkoniumdioksidista valmistetusta karkaistusta materiaalista. (Lefteri, 2003, s. 21)

Savipohjaisen keramiikan perusominaisuudet vaihtelevat myös suuresti eri seoksien välillä, mutta yleisesti ottaen ne ovat kovia, polttamalla valmistettavia huokoisia materiaaleja. Kuitenkin on seoksia, kuten kovaposliini, jonka huokoisuus polton jälkeen on lähellä nollaa.

Eri savilaatujen erot vaikuttavat vahvasti niistä valmistettuihin seoksiin. Savilaatujen plastisuudessa on suuria eroja ja massat valmistetaan ja valitaan käyttötarpeen mukaan niin, että plastisuus, polttolämpötila, kutistuminen ja lopullisen tuotteen kovuus ovat halutussa tasapainossa.

Savea voi työstää ja muokata monin eri tavoin, kuten esimerkiksi valamalla, dreijaamalla, prässäämällä, käsin muovaillemalla ja niin edelleen. Ennen kuin se on poltettu, sen voi halutessaan aina muuttaa takaisin pehmeäksi savimassaksi vain vettä lisäämällä. Kuitenkin vasta poltossa tapahtuva sintraantuminen tekee savesta keramiikkaa.

Poltettaessa savipohjainen keramiikka kutistuu, kun kuumuudessa materiaalin ainesosat sintrautuvat tiukemmin kiinni toisiinsa ja huokoisuus vähenee. Tämän vuoksi esimerkiksi posliinit ovat kovia ja kemiallisesti reagoimattomia ja toimivat näin ollen hyvin talousastioina. (Jylhä-Vuorio, 2002, s. 24)

Keramiikasta valmistettuja esineitä voidaan värjätä, koristella ja pinnoittaa erilaisilla lasitteilla, pigmenteillä ja oksideilla. Näillä voidaan parantaa sekä keramiikan käytettävyyttä, estetiikkaa että kestävyttä.



Zirkoniumdioksidista valmistettuja jousia



# Savipohjainen keramiikka

Savipohjainen keramiikka eli lyhemmin keramiikka koostuu nimensä mukaisesti savipohjaisista raaka-aineista. Se jaetaan kahteen eri ryhmään eli hienokeramiikkaan ja karkeakeramiikkaan sen mukaan, minkälainen on niihin käytettyjen raaka-aineiden jalostusaste.

Koska yksi keraamisten materiaalien määritelmä on se, että ne käyvät läpi polttoprosessin, jossa materiaalin raaka-aineet sintrautuvat yhteen, savipohjaiset seokset luokitellaan myös poltetun materiaalin tiiviiden mukaan huokoisiin ja tiiviisiin. Mitä korkeammassa lämpötilassa materiaali poltetaan, sitä tiiviimpi ja kovempi lopputuloksesta tulee. (Mattison, 2003, s. 19)

Karkeakeramiikasta valmistetaan pääasiassa tiiliä, matalapolttoista keramiikkaa ja tulenkestäviä tuotteita. Näiden materiaalien huokoisuus on suuri. Toista ääripäätä edustaa kovaposliini, joka on hienokeramiikkaa ja sen huokoisuus on 0-0,5 %, koska se koostuu pääasiassa lasista. Muita hienokeraamisia materiaaleja ovat mm. muut posliinit, kivitavara ja hienokivitavara. (jylhä-Vuorio, 2002, s. 22-23)

Materiaaleina hienokivitavara ja posliini ovat yleensä ainoita savipohjaisia keraamisia seoksia, joita yleensä käytetään koruissa, koska ne ovat riittävän kovia. Luvussa "Keramiikka koruissa" käsitellän savipohjaisen keramiikan ongelmia ja mahdollisuuksia sekä avaan materiaalien ominaisuuksien vaikutuksia koruissa hieman lisää. En käsittele tässä työssä kaikkia savipohjaisia keramiikan materiaaleja, koska käytin materiaalikoikkeiluissani vain kivitavaraa ja lopullisessa tuotteessa sen lisäksi myös luuposliinia.



Koekappaleita lasituspoltoissa.

# Kivitavara

Kivitavaraksi nimitetään materiaaleja, jotka poltetaan yli 1200 °C:n lämpötilassa ja joiden huokoisuus poltettuna on aina alle 5 %. Ne sisältävät kuitenkin vielä paljon sulamattomia lähtöainepartikkeleita ja vähemmän lasia verrattuna posliiniin.

Kivitavara valmistetaan eri savilaatujen, mineraalien ja samotin sekoituksista ja sisältää lihavia savilaatuja toisin kuin posliini. (Mattison, 2003, s. 22, Jylhä-Vuorio, 2002, s. 26)

Hienokivitavara on pitkälle jalostetuista raaka-aineista valmistettua materiaalia, jolla voidaan saada jopa 0 % huokoisuus, mutta yleisemmin se on 0.5 % - 2,5 %. Kerasil:in valmistama Keracast on yksi esimerkki hienokivitavarasta.



Keracast hienokivitavarasta valmistamiani riipuksia

# Posliini

Posliini on yksinkertaisimmillaan kaoliinista, maasälvästä ja kvartsista valmistettu materiaali, jonka huokoisuus on aina alle 1 %. Näiden raaka-aineiden suhteita muuttamalla sekä sulatteita lisäämällä saadaan erilaisia ja eri tavoin käyttäytyviä posliinimassoja.

Posliinimassat vaativat aina yli 1250 °C polttolämpötilan, kovaposliini jopa 1450 °C. Materiaalina posliinit ovat kovempia kuin kivitavarat, väriltään valkoisia tai jopa läpikuultavia ja kemiallisesti kestävämpiä kuin esimerkiksi lasi. (Jylhä-Vuorio, 2002, s. 23-24)

Posliinista valmistetaan esimerkiksi astioita ja käyttöesineitä, valaisimia, taidetta, eristeitä elektroniikkaan ja kylpyhuonekalusteita.



Lyngby - "Lyngby" - astiat - posliini

# KERAMIikka KORUISSA

## Nykytilanne

Keramiikkaa käytetään koruissa monella tapaa. Google-haku sanoilla ”keramiikka” ja ”koru” tuottaa 158 00 tulosta ja englanniksi noin sata kertaa enemmän. Hakutuloksista ensimmäisenä tulee mieleen hieman harrastelijamainen yleisvaikutelma. Kuvahaun mukaan yleisin ratkaisu on laattamainen riipus tai keramiikkahelmi, joka on joko suoraan tai lenkin kautta ripustettu nauhaan tai toiseen keramiikkakappaleeseen. Pienen lisähakemisen jälkeen hakutuloksien seasta alkaa jo kuitenkin helposti erottaa selvästi korkeatasoisemmat ja taitavammat tekijät.

Karkeasti jakaen tekijät voidaan jakaa käsityöharrastajiin, materiaaliin enemmän perehtyneisiin korualan osaajiin ja korutaiteilijoihin. Ensimmäisen luokan muodostavatkin edellä mainitulla haulla löydettyjen yksinkertaisien ja ”helppojen” keraamisten korujen tekijät.

Materiaaliin enemmän perehtyneillä osaajilla tarkoitan ihmisiä, joilla on ehkä vuosien harjaantuminen materiaaliin ja/tai he ovat kehittäneet oman tyylinsä ja tapansa työstää keramiikkaa. He tekevät kaupallisia ja käytettäviä tuotteita keramiikasta tai keramiikkaa hyödyntäen ja näin eroavat kahdesta muusta ryhmästä. Hyvänä esimerkkinä toimii italialainen Luca Tripaldi, joka yhdistää töissään keramiikkaa ja hartsia.

Myös jo se, että työstää keramiikkaa edes osaksi työkseen tai käyttää sitä töissään ja ansaitsee näin sillä toimeentulonsa, auttaa erottamaan nämä tekijät laadullisesti ja tyyllisesti ensimmäisestä ryhmästä.

Viimeisen ryhmän muodostavat keramiikkaa töissään käyttävät korutaiteilijat. Nämä tekijät kuuluvat yleensä myös edelliseen ryhmään, mutta käyttävät keramiikkaa myös puhtaasti itseilmaisuun ja taiteen tekemiseen. He käyttävät keramiikkaa erittäin luovasti ja kokeellisesti verrattuna edellisiin ryhmiin, jotka tähtäävät enemmän käytettävyyteen kuin korutaide.



Luca Tripaldi - rannerenkaat - posliini, keraaminen siirtokuva ja hartsia - 2015

# Keramiikan haasteet materiaalina korukäytössä

Keramiikka on haasteellinen materiaali koruissa sen rikkoutumisherkkyden takia. Materiaalina se on niin kova, että iskun saadessaan ei anna yhtään periksi vaan rikkoutuu. Tätä heikkoutta voidaan tietenkin torjua suunnittelulla niin, että kappaleen rakenne ja muoto ovat mahdollisimman lujia ja iskuja kestäviä. Kuten kaikkien materiaalien kanssa, täytyy myös keramiikan suunnittelussa ottaa tarkasti huomioon materiaalin erityispiirteet, erityisesti sen heikkoudet.

Monesti kestävyyttä kasvatetaan lisäämällä ainevahvuutta, mutta se taas lisää painoa ja sitä kautta vähentää käyttömukavuutta. Savipohjaisista keraamisista materiaaleista hienokivitavara ja posliini soveltuvat tästä syystä parhaiten korukäyttöön, koska niillä voidaan saada aikaan keveitä ja ilmavia, mutta myös samalla kestäviä muotoja ja rakenteita. Terävät kulmat ja ulokkeet eivät muotoina toimi hyvin edes keraamisissa astioissa, saati sitten koruissa, jotka joutuvat käytettäessä koville koko ajan.

Myös keramiikan liittäminen metalleihin tai muihin materiaaleihin on oma ongelmansa. Käytettävä ja puettava koru täytyy saada jollakin tavalla kiinnitettyä kehoon, mutta keramiikka ei esimerkiksi sovellu ohuisiin rakenteisiin, joka on mm. korvakorujen kiinnityksessä välttämätön. Esimerkiksi kokokeraamisissa sormuksissa tämä ei ole ongelma, koska sormus itsessään täyttää jo tämän kiinnitystarpeen, mutta melkein kaikki muut korut vaativat jonkun erityisen kiinnityksen joko kehoon tai vaatteeseen. Keramiikasta tehdyt sormukset täytyy aina muotoilla suhteellisen paksuiksi, jolloin materiaalin herkkyys ei estä käytettävyyttä.



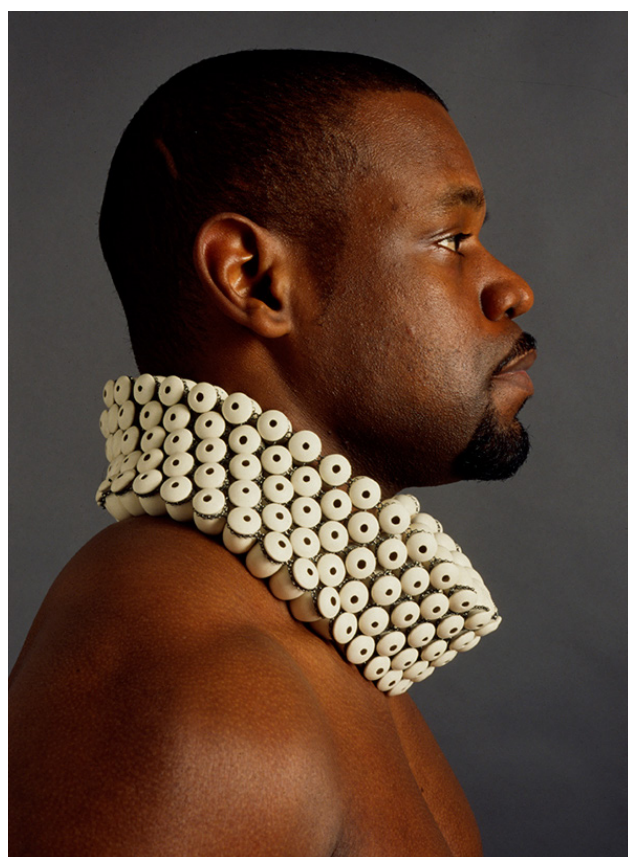
Elizabeth Van Der Merwe - sormukset - posliini



Violaine Ulmer - sormukset - posliini

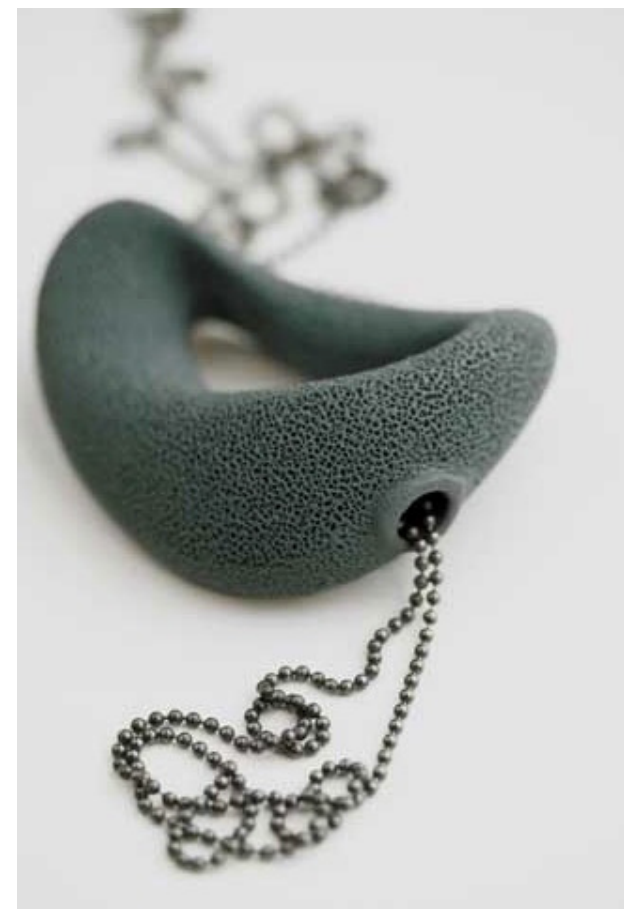
Keraamisissa riipuksissa liittämisen ongelma on monesti ratkaistu yksinkertaisesti pujottamalla nauha tai ketju joko suoraan kappaleen läpi tai lenkin avulla kappaleeseen kiinni. Ketjun erilaisella käytöllä voi taas tuoda koruun aivan uutta ilmettä, kuten esimerkiksi Peter Hoogeboom, joka on koostanut kaulakorun pienistä keramiikkaruukuista, jotka on kytketty toisiinsa ja näin muodostavat itsessään näyttävän kokonaisuuden.

Yksi tapa hoitaa ripustus on liittää saven ollessa kostea siihen ohutta vastuslankaa lenkiksi, joka poltettaessa kiinnittyy tukevasti osaksi materiaalia ja näin lenkkiä voidaan käyttää osana kiinnitystä. Vastuslanka on niin ohutta, ettei se poltettaessa luo tarpeeksi isoja jännitteitä kutistuvaan keramiikkaan ja näin ollen ei riko sitä.



Peter Hoogeboom - "Spanish collar" sarjasta "handle with care" - keramiikka, hopea ja neodymium magneetit - 2015

9.) [mir-s3-cdn-cf.behance.net](http://mir-s3-cdn-cf.behance.net), 10.) [www.peterhoogeboom.nl](http://www.peterhoogeboom.nl)



Li Liang - riipus - keramiikka

11.) <http://www.lad.se>



Laura Meriluoto - "VEE" - kaulakoru - posliini

12.) <https://karkki kauppa>



Julia Volmann - "Hidden Worlds" - rintakoru - posliini, hopea

13.) [www.juliavollmann.com](http://www.juliavollmann.com)

Yksi yleisimmistä tavoista kiinnittää keramiikkaa metalliin on istutus. Siinä keramiikka kiinnitetään kynsillä metalliin tai metalli keramiikkaan samaan tapaan kuin istutettaessa jalokiviä. Keramiikasta tehtyä kappaletta voidaan käyttää upeana yksityiskohtana jalokiven tapaan ja liittää se osaksi korua samalla tavalla kuin mikä tahansa muukin korukivi.

Keramiikka voi olla myös erottamaton osa korua siinä mielessä kuin esimerkiksi emali tai patinointi. Amerikkalainen luksuskorubrändi Taffin käyttää merkkinsä jalokivikoruissa värillisiä keramioita mm. sormusten sisä- ja ulkopinnoilla sekä kivi-istutusten ympärillä tuomaan kontrastia jalokivien väreille.



Velislava Bozhinova - rintakoru - keramiikka ja hopea

14.) <https://s-media-cache-ak0.pinterest.com>



Li Liang - sormus - keramiikka ja metalli

15.) <http://www.lad.se>



Taffin - violetti safiiri, harmaa keramiikka ja kulta

16.) <https://www.taffin.com/>



Taffin - sormus - violetit safiirit, keramiikka ja ruusukulta

17.) <https://www.taffin.com/>

# Tulevaisuus

Savipohjaisen keramiikan kehittymisen ja uusien innovaatioiden uskon liittyvän vahvasti 3D-tulostamiseen. Materiaali eli savi ei tule muuttumaan mitenkään, joten uudet valmistusmenetelmät vievät keramiikkaa alana ja tyylinä eteenpäin. Valmistustapana 3D-tulostaminen on keramiikassa loistava, koska silloin tekijä tai suunnittelija saa vapauden keskittyä täydellisesti rakenteisiin ja muotoon valmistustavan sijasta. Aiemmissa luvuissa käsiteltyä kovuutta materiaalin heikkoutena voisikin käyttää vahvuutena, kun tulostettaviin kappaleisiin voisi luoda rakenteita ja muotoja, mitkä ovat nykyisillä menetelmillä mahdottomia tai ne vaativat erittäin monimutkaisia muotteja, hankalia työvaiheita ja pitkälle vietyä erikoistumista.

Stereolitografiatulostimia valmistava Formlabs on tuomassa tänä vuonna markkinoille keraamisen tulostamisen mahdollistavaa materiaalia, joka toimisi esimerkiksi korukäytössä loistavasti. Siinä keraaminen savimateriaali olisi sidottuna muovipohjaiseen nesteeseen, josta UV-valolla kovetetaan haluttu muoto. Tämän jälkeen esine poltettaisiin normaalin keramiikan tapaan, jolloin muovi palaisi pois ja jäljelle jäänyt savi sintraantuisi keramiikaksi. Nykytulostimien laatu on jo niin hyvä, että näin tulostettua kappaletta voisi käyttää polton jälkeen sellaisenaan eikä se vaatisi paljoakaan viimeistelyä. (Formlabs, Form X)

Oksidi- ja konstruktiokeraamien puolelta potentiaalisia materiaaleja ja valmistustapoja käytetään jo nyt hammaslääketieteessä. Siellä käytettävät materiaalit ja menetelmät toimisivat korukäytössä erittäin hyvin, mutta ongelmaksi muodostuu vaadittavien laitteiden ja palvelujen korkea hinta. Lääketieteessä nuo materiaalit ovat arkipäivää, sillä kalliiden laitteiden ja materiaalien kustannukset on helpompi laskuttaa asiakkailta, koska ihmiset tarvitsevat hampaita enemmän kuin koruja.

Hammasprotetiikassa käytetään mm. oksidi-, maasälpä- ja lasikeraameja, joita on helppo työstää haluttuun muotoon joko käsin kerrostaen ja maalaten, 3D-jyrsimillä jyrsien tai muottiin prässäämällä. (Elysee Dental) Muodonannon jälkeen nämä materiaalit käsitellään korkeissa lämpötiloissa lopulliseen kovuuteensa. Näin tuotettuja kappaleita voisi käyttää sellaisenaan koruina tai osana korua ja niitä voisi halutessaan myös pinnoittaa hammasprotetiikassa käytettävillä väreillä ja massoilla. Näihin pinnoitemateriaaleihin ja menetelmiin perehdyn enemmän osiossa ”Hammasposliini”.

Yksi esimerkki käytettävistä materiaaleista on Ivoclar Vivadent:in valmistama lasikeraaminen materiaali, tarkemmin litiumdisilikaatti, jota voi joko jyrsiä tai prässätä haluttuun muotoon, jonka jälkeen materiaali kiteytyy kovassa kuumuudessa lopulliseen kovuuteensa. (Ivoclar Vivodent) Kiteytymisessä tapahtuva noin 0,2 % kutistuma voidaan huomioida jo jyrsintävaiheessa, joten tästä materiaalista voidaan valmistaa erittäin tarkasti mitoitettuja tuotteita. Kuvan mukaisen yhden hampaan kruunun jyrsiminen maksaa noin 60 €, joten korukäyttöä ajatellen liiketoiminnan katteiden tulisi olla hyvin kohdillaan ennen kuin tällaisten materiaalien käyttö on kannattavaa. (Into Jyrsintäkeskus)





Ruutukaappaus googlestä hakusanoilla “ceramic” ja “watch”

Kelloteollisuus käyttää jo nyt oksidikeraamisia materiaaleja aika yleisesti kellojen rannekeissa ja kellotaulun laseissa, mutta koruissa ne eivät vielä ole lyöneet läpi samassa mittakaavassa. Kellojen osat valmistetaan saman kaltaisella valmistusprosessilla kuin keraamiset keittiöveitset, jotka mainittiin aikaisemmin luvussa ”Käyttökohteet”. Keraamiset veitset valmistetaan prässäämällä zirkoniumdioksidipulveri muotissa oikeaan lähtömuotoon ja sen jälkeen sintraamalla kappaleet kovassa lämpötilassa. (Kyocera) Tällainen valmistustapa soveltuukin massatuotantoon, mutta ei pienempiin sarjoihin ja näin ollen onkin vain isoimpien valmistajien mahdollisuutena.

Mainittakoon, että maailman suurimmasta verkkokaupasta Alibaba.com:sta saa kyllä tilattua oksidikeraamisista materiaaleista valmistettuja yksinkertaisia sormuksia ja riipuksia muutaman euron kappalehintaan, mutta siihen se jääkin. Koruntekijälle ja suunnittelijalle hammaslääketieteessä käytettävät materiaalit ja tekniikat ovatkin mielestäni paljon parempi ja helpompi vaihtoehto kuin kelloteollisuuden käyttämä prosessi.



# MATERIAALITUTKIMUS

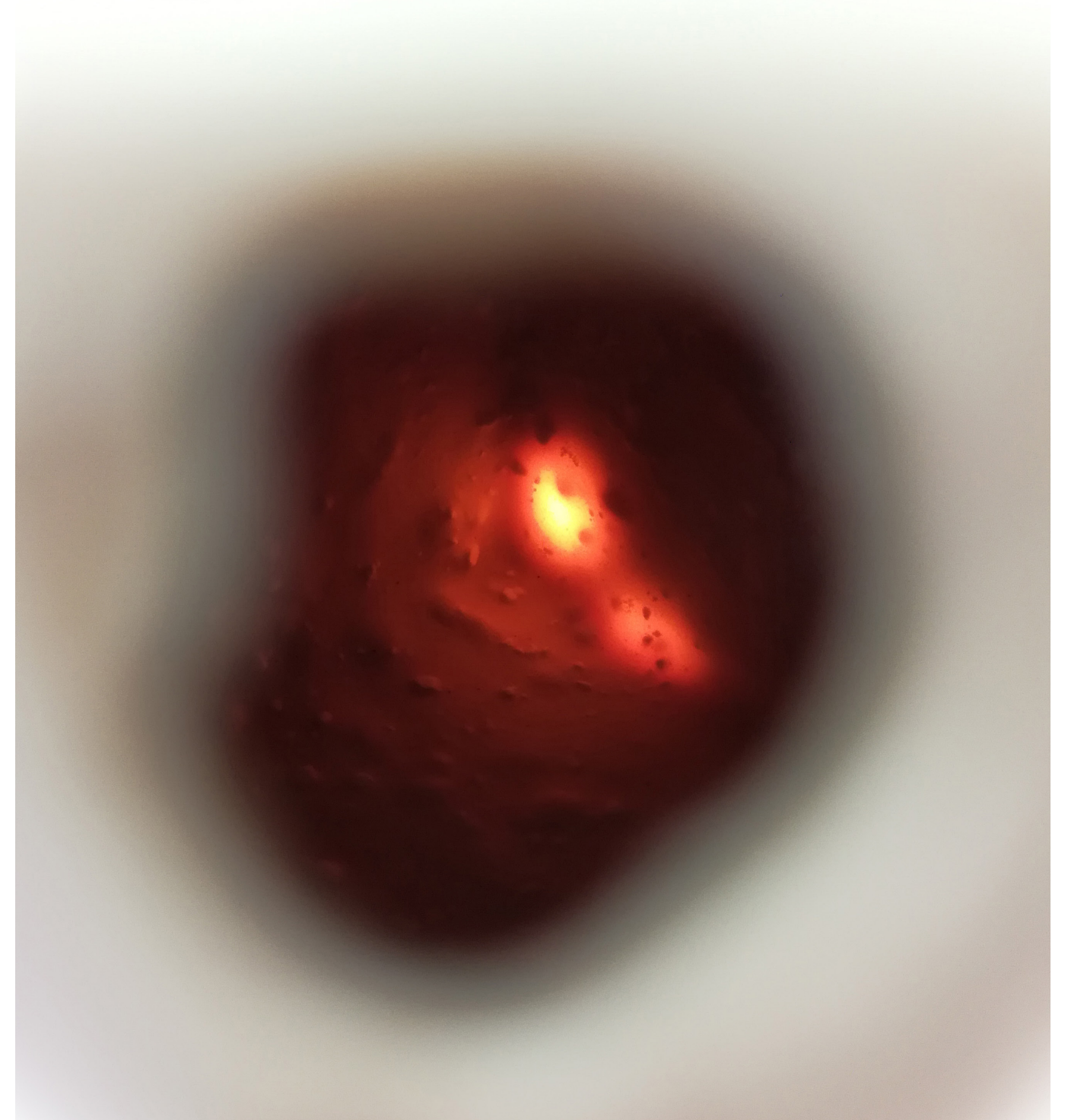
## Lähdemateriaalit

Tämä luku jakautuu kolmeen osioon, jotka ovat materiaalitutkimus ja siihen liittyvät materiaalikokeilut ja seokset, metallin ja keramiikan liittäminen sekä hammasposliini. Osiot avataan myöhemmin yksi kerrallaan. Tarkat prosessit löytyvät liitteistä, jolloin prosesseihin tutustuminen on helpompaa ja yksityiskohtiin voi halutessaan keskittyä myöhemmin.

Lähdemateriaalina minulla oli käytössä pääasiassa kaksi kirjaa ja internet. Keramiikasta on tehty paljon tutkimuksia ja siitä löytyykin valtavasti aineistoa, mutta minulle valikoitui Heikki Jylhä-Vuorion ”Keramiikan Materiaalit”, 2002 ja Steve Mattisonin ”keramiikka” 2003, (Suomennos Riikka Stewen)

”Keramiikan materiaalit” taitaa olla paras suomenkielinen keramiikan oppikirja, mitä tällä hetkellä löytyy markkinoilta. Se käsittelee mm. keramiikan materiaalina ja siihen liittyvän kemian, eri savilaadut ja seokset mitä käytetään perinteiseen keramiikkaan, lasitteet ja niihin liittyvän kemian, eri valmistustavat, keramiikan polttamisen ja materiaalissa tapahtumat muutokset sen aikana sekä paljon muuta. Koska kirja pureutuu materiaaliin aivan atomitasolta lähtien ja käsittelee aihetta tieteellisellä tarkkuudella, se vaatii lukijaltaan hieman ennakkotietoa aiheesta, että on mahdollista sisäistää ja ymmärtää siinä käsitellyt asiat.

Steve Mattisonin ”Keramiikka” on taas hyvä ja laaja yleisteos keramiikasta, mutta hieman maanläheisemmästä näkökulmasta kuin ”Keramiikan Materiaalit”. Kirjasta löytyy myös paljon hyviä vinkkejä ja esimerkkejä hieman ekspressiivisempään työskentelyyn kuin Jylhä-Vuorion teoksessa, joka keskittyy tiukasti asiaan. Teos on helposti lähestyttävä ja eri tekniikoista, materiaaleista ja esimerkeistä on runsaasti havainnekuvia, jotka helpottavat lukijaa sisäistämään tietoa.



Lähikuva flinttiseoksesta valetun kuution sisältä. Sekoittumattomat ja sulamattomat flinttirakeet näkyvät kuvassa paakkuina.

# Materiaalikoikeilut

Materiaalikoikeiluissani lähdin tavoittelemaan kolmea eri asiaa. Ne olivat keramiikan pienempi kutistuminen, valkoinen väri ja poltossa tapahtuva ”sulaminen”.

Kutistumisen minimoiminen liittyy toiseen tavoitteeseeni yhdistää keramiikkaa saumattomasti metalliin. Ajatukseni oli liittää metallia saveen jo valuvaiheessa tai saveen ollessa kostea. Tällöin keramiikan kuivumiskutistuminen on oltava erittäin pieni ja materiaalien lämpökäyttäytyminen lähellä toisiaan.

Muuten kuumuudessa tapahtuva metallin laajeneminen ja keramiikan kutistuminen johtavat siihen, että syntyvien jännityksien vuoksi keramiikkakappale hajoaa.

Valkoinen väri on taas puhtaasti esteettinen pyrkimys, koska mielestäni puhtaanvalkoinen väri on itsessään erittäin kaunis ja tavoittelemisen arvoinen asia.

Poltossa tapahtuva sulaminen liittyy hieman lasin ominaisuuksien imitoimiseen. Tarkoituksena oli siis löytää materiaalisekoitus, joka korkeassa lämpötilassa alkaisi hallitusti sulaa sekä näin muodostaisi esimerkiksi toisen kappaleen muotoon ”valuneen” muodon.



Alberto Saggia, Valerio Sommella - ”Semai” - valaisin  
- lasi ja metalli - 2015

20.) <http://www.sommella.com/>

Tuotantomenetelmäksi valitsin jo alussa valun kipsimuoteilla, koska se on helppo ja hyvä tapa monistaa kappaleita. Siispä tein myös kaikki materiaalikoikeiluni valamalla ja pyrin saamaan seoksista mahdollisimman valettavia. Koska kappaleen muoto vaikuttaa materiaalin käyttäytymiseen poltossa, tein muotit kuution, pallon ja laatan muodoille. Pallo ja kuutio rakenteina kannattelevat materiaalin painoa hiemana eri tavalla, joten ajattelin, että massan painuma tulisi näkymään niissä. Laatta puolestaan oli tarkempaa pituus- ja leveysuunnassa tapahtuvaa kutistumaa varten.

Käytin pääsääntöisesti valuaikana 14 minuuttia, koska olen käyttänyt samaa aikaa ennenkin muissa saman kokoluokan kappaleissa ja arvelin sen olevan juuri oikea aika riittävän seinämävahvuuden aikaansaamiseksi.

Lähdin tekemään eri seoksia Keracast valusaven pohjalta. Otin tämän massan työni pohjaksi pitkälti aikataulun takia, koska oman massan tekemiseen olisi mennyt liian kauan. Koulun keramiikkastudiolla on myös tuo samainen massa käytössä, joten tarkoituksena oli, että tutkimukseni tulisi mahdollisesti auttamaan myös tulevia oppilaita.

Seostin Keracast: ia paperikuidulla, kaoliinilla, flintillä, kuparioksidilla ja molokiitilla. Paperikuitu painon pudottamiseen, kaoliini ja flintti valkoisemman värin tavoittelemiseen, kuparioksidi sulamista varten ja molokiitti loppuvaiheessa kutistumisen vähentämiseen. Mittasin ja analysoin näitä seoksia. Porasin myös jokaiseen kappaleeseen ainakin yhden 5 mm reiän ennen raakapoltoa, jotta voisin nähdä vaikuttaako se jotenkin kappaleen kutistumiseen ja mihin suuntaan kutistuminen tapahtuu.

Kaikki kappaleet kävivät läpi raakapolton 970 °C ja lasituspolton 1250 °C, mutta mielenkiinnosta poltin kaikki koekappaleet myös vielä kertaalleen hieman korkeammassa lämpötilassa kuin normaali lasituspolto. Tuon ylimääräisen polton lämpötila oli 1280 °C ja tein sen nähdäkseni, onko tuolla pienellä lämpötilan nostolla vaikutusta mm. sulamiseen tai värin vaihtumiseen.

Materiaalikoikeilujen tarkka eteneminen, ilmenneet ongelmat, niiden ratkaiseminen ja prosessi kokonaisuudessaan on niin pitkä, että lukemisen helpottamiseksi se löytyy liitteestä 1.

# Keracast

Keracast on kotimainen pallosavesta, maasälvästä, kvartsista ja kaoliinista koostuva hienokivitavaravalusavi, jota valmistaa Kerasil. Se on väriltään vaalea/valkoinen ja sen maksimi polttolämpötila on 1280

(suullinen tiedonanto, Kerasil Ruoholahti, 30.3.2017)

Ominaisuuksiltaan Keracast on omien kokemuksieni mukaan suhteellisen toimiva ja monipuolinen valusavi, mutta kuitenkin kivitavarasaville tyypilliseen tapaan karkea ja kömpelö verrattuna posliiniin. Karkealla ja kömpelöllä tarkoitan kivitavaramateriaalin heikkoutta verrattuna posliiniin, mikä kompensoidaan paksummilla ainevahvuuksilla ja tämän myötä isommalla painolla.

# Kuparioksidi

Massoissa ja lasitteissa metallioksideja käytetään pääasiassa värjäämiseen, mutta ne ovat myös tehokkaita sulatteita eli laskevat kyseessä olevan seoksen sulamislämpötilaa.

(Jylhä-Vuorio, 2002, s. 59)

Yleisesti kuparioksidi tuottaa vihreää väriä sitä tummempana mitä enemmän oksidia on käytetty, mutta muiden yhdisteiden kanssa sillä voidaan saada aikaan erittäin laaja värikirjo. Kuparioksidi voi myös metalloitua mustaksi sileäksi mattapinnaksi. (Jylhä-Vuorio, 2002, s. 162)

# Kaoliini

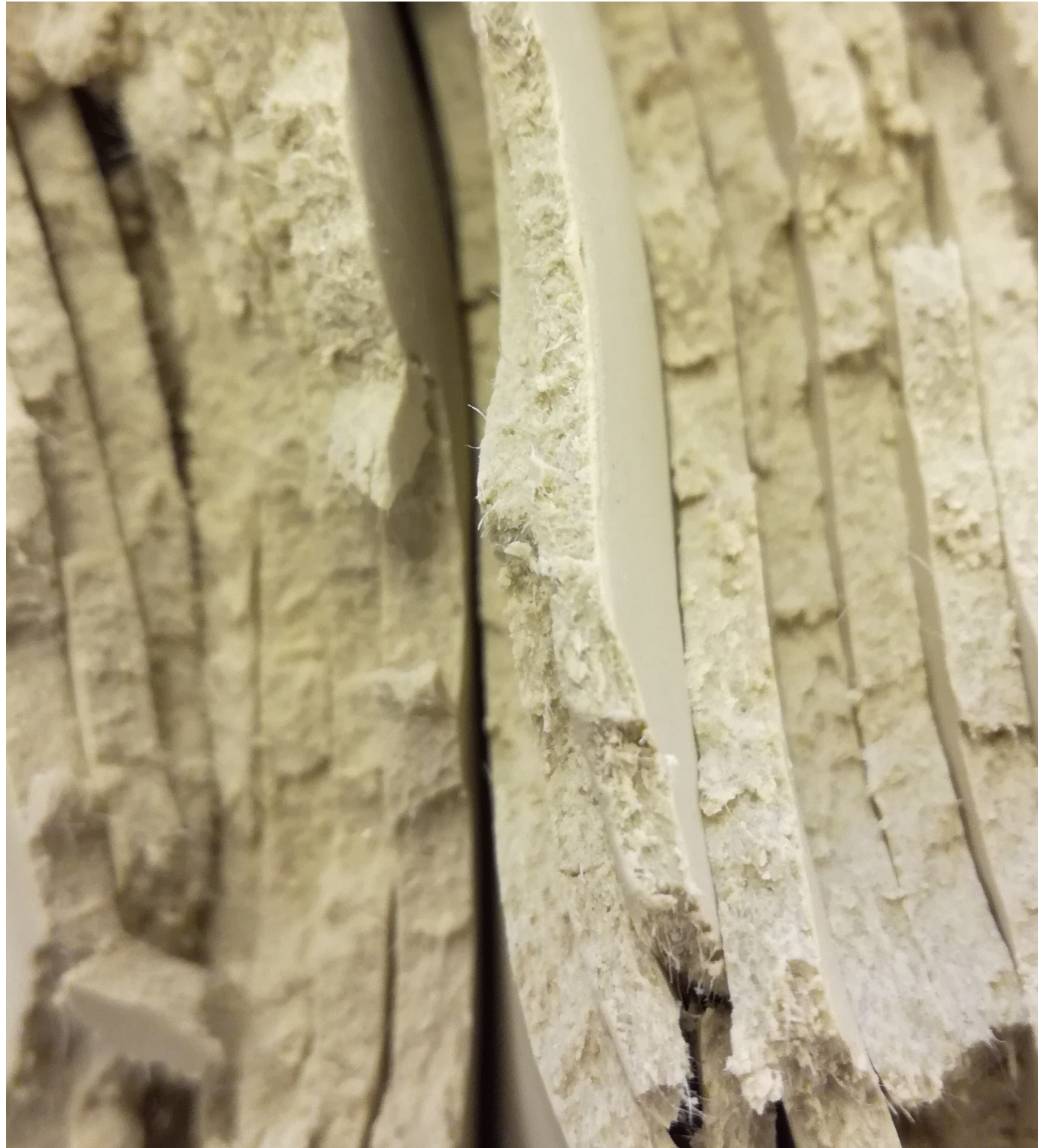
Posliinin yksi tärkeimmistä raaka-aineista on Kaoliini, joka nostaa massan sulamislämpötilaa huomattavasti ja tuo siihen valkoista väriä. Sitä käytetään ainesosana myös muissa massoissa, kun halutaan poltettuna valkoinen väri. (Mattison, 2003, s. 174) Kaoliinit ovat yleiskäsite materiaaleille, joiden pääraaka-aine on kaoliniitti. (Jylhä-Vuorio, 2002, s. 43)

# Flintti

”Flintti on luonnossa esiintyvä erittäin pienikiteinen eli kryptokiteinen kvartsin muoto”  
(Jylhä-Vuorio, 2002, s. 56)

Sitä käytetään kvartsin sijasta valkaisemaan savitavaramassoja ja pienentämään kuivumiskutistumista. Flintti, kuten kvartsikin, nostaa massan sulamislämpötilaa ja toimii myös samoin massojen ”laihduksena” eli plastisuuden vähentäjänä.

Työskennellessä hyvä ilmanvaihto on pakollinen, koska erittäin hieno flinttipöly kerääntyy keuhkoihin ja voi aiheuttaa Silikoosia eli kivipölykeuhkosairautta. Flintti tulee säilöä kosteassa tilassa tai lietteenä. (Jylhä-Vuorio, 2002, s. 57)



Lähikuva paperilla seostetusta Keracast valusavesta. Huomaa paperin kuidut, jotka näkyvät pieninä karvoina saven murtopinnoissa.

## Paperikuitu

Paperikuidun lisääminen massaan laskee valmiin poltetun tuotteen painoa erittäin paljon verrattuna normaaliin savimassaan. Ontot kuidut imevät savea sisäänsä ja poltettaessa muodostavat kennomaisen reikärakenteen, kun paperi palaa pois. Näin rakenteesta tulee kevyt, mutta kuitenkin erittäin kestävä. (Mattison, 2003, s. 30)

Otin kokeissa käyttämäni paperikuidun normaalista vessapaperista. Jätin paperin liettymään astiaan veden kanssa pariksi tunniksi niin, että paperikuidut irtoilevat toisistaan. Sen jälkeen siivilöin tarvittavan määrän kuitulietettä, puristin nyrkissä siitä vedet pois, punnitsin oikean määrän kuivaa kuitumassaa ja sekoitin lopulliseen massaan pienen vesimäärän kanssa.

## Molokiitti

Molokiitti on tuotenimi ja tarkoittaa tietynlaisesta kaoliinista kuumakäsittelyllä tuotettua alumiinisilikaattia. Sitä käytetään samottina, kun halutaan poltettuna puhtaanvalkoinen lopputulos. Se vähentää kuivumiskutistumista, koska molokiitti on jo kertaalleen poltettua ja uudelleen hienonnettua, jolloin se ei enää reagoi vaan toimii vain täyteaineena.

(Mattison, 2003, s. 175)

# Materiaalikokeilujen johtopäätökset

Tein 19 erilaista valusaviseosta, joiden tavoitteina olivat lopullisen poltetun kappaleen pienempi kutistuminen, valkoinen väri tai massan hallittu sulaminen lasituspoltoissa. Kaksi ensimmäistä tavoitetta eli pienempi kutistuminen ja valkoisempi väri eivät täytyneet ollenkaan ja kolmas eli hallittu sulaminen onnistui osittain.

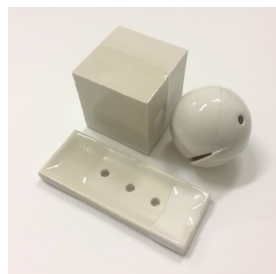
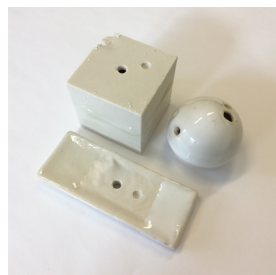
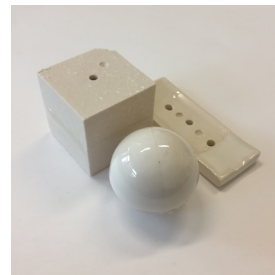
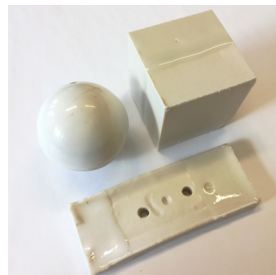
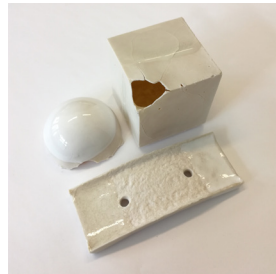
Mittasin kaikista seoksista valetut koekappaleet ja niiden kutistumisprosentti oli kaikkien seoksien kohdalla kutakuinkin sama pieniä poikkeuksia lukuun ottamatta. Millään seoksella en saavuttanut valkoista väriä ja paras tulos oli yhden seoksen aavistuksen vaaleampi sävy. Oksideilla toteutetuissa massojen sulattamiskokeiluissa sentään tapahtui jotain, mutta hallitusti sitä ei voi sanoa. Erittäin mielenkiintoisia materiaaliseoksia sain kuitenkin aikaiseksi ja sain niistä uusia ideoita ja inspiraatioita tuleviin projekteihin.

Uskoisin, että suurimmat syyt tähän tavoitteiden täyttymättömyyteen ovat se, että lähdin tekemään seoksia valmiin massan pohjalta sekä tietämättömyyteni. Jälkeenpäin katsottuna minun olisikin ehdottomasti pitänyt tehdä itse alusta pitäen jokainen massa, jotta olisin voinut säädellä niitä täsmälleen halutun laisiksi. Näin myös eri seoksien välisiä eroavaisuuksia olisi helpompi tulkita ja tehdä niistä johtopäätöksiä.

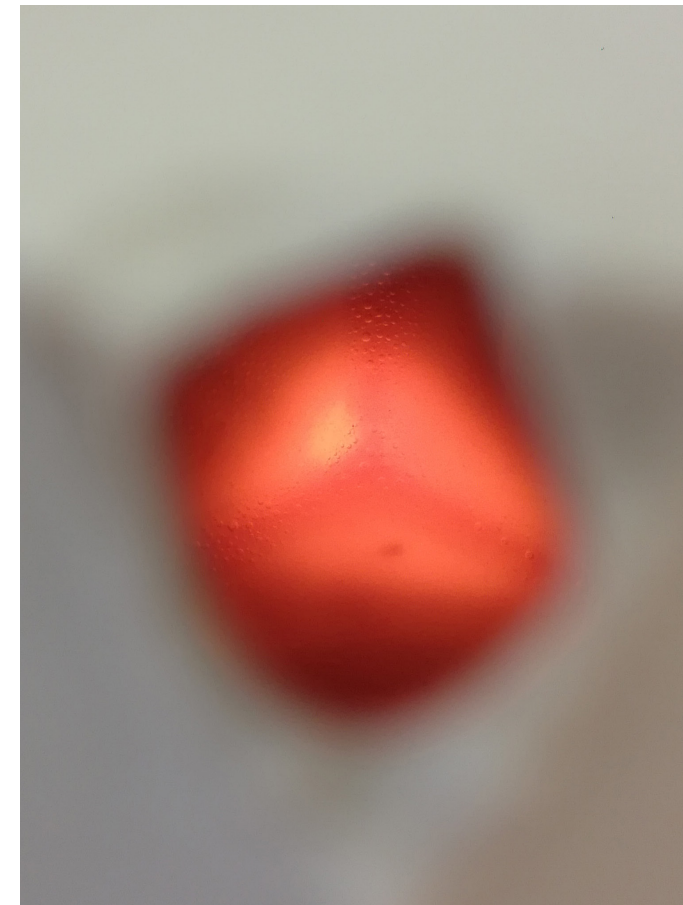
Materiaalikokeiluja ennen, niiden aikana ja myös niiden jälkeen olen lukenut paljon keramiikasta ja voikin nyt jälkikäteen sanoa, etten tiennyt yhtään mitä olin lähdössä tekemään, kun aloin sekoitella ensimmäisiä seoksia. Henkilökohtaisena oppimisprosessina tämä onkin ollut mitä opettavaisin. Muiden silmiin prosessin ja kaikkien noiden materiaalikokeilujen arvo onkin reilusti pienempi, koska en päässyt asettamiini tavoitteisiin niiden osalta.



Raakapoltetut koekappaleet odottamassa lasituksia



- Vasemmalla kaikki kaoliinilla, flintillä, paperilla ja molokiitilla seostetuista massoista valetut koekappaleet
- Ylhäällä ensimmäisen paperisaviseoksen epäonnistunut pallo.
- Oikealla ylhäällä onnistunein kuparioksidilla seostettu massa. lopputuloksessa on tyylikkäästi ryppyntynyt tumma metallimainen pinta ja pallo on hieman sulanut päältä, missä massan oksidipitoisuus oli suurempi



- Alla vasemmalla lähiotos valetun kuution sisäpuolelta, jossa lasitukseen on muodostunut kuplia.
- Alla ensimmäiset kuparioksidiseokset, joista takimmainen suli uunilevyn läpi kiinni seuraavaan levyyn. Etummaiseen kappaleeseen muodostui upea metallipinta.



# Keramiikan ja metallin liittäminen

Yksi tavoitteistani tässä tutkimusprosessissa oli näihin materiaalikokeiluihin pohjautuen keksiä uusia tapoja liittää keramiikkaa ja metallia toisiinsa. Kutistumisen mittaaminen ja sen minimoiminen liittyivät tähän tavoitteeseen, koska poltettaessa keramiikka kutistuu, mutta metallit lämmitettäessä taas laajenevat. Villinä ajatuksena oli jo valmistusprosessin alkuvaiheessa ennen ensimmäistä polttoa liittää metallia keramiikkaan. Näin liitettävien materiaalien lämpökäyttäytyminen olisi oltava lähellä toisiaan. Muuten kuumuudessa tapahtuva metallin laajeneminen ja keramiikan kutistuminen johtavat siihen, että syntyvien jännityksien vuoksi keramiikkakappale hajoaa. Tästä poiketen kappaleessa ”keramiikka ja keraamiset materiaalit koruissa” esitelty tapa liittää ohutta vastuslankaa vielä pehmeään saveen ei riko keraamista kappaletta, koska ohuen vastuslangan tuottama jännite on niin pieni, ettei se riitä rikkomaan kappaletta. Tämän tyylin ongelmana on langan ohuus, joka rajaa jatkotyöstömahdollisuuksia. Myös langan mekaaninen kestävyys on heikonlainen, koska se pehmenee keramiikan polttolämpötiloissa.

Koska tekemilläni materiaaliseoksilla en päässyt tavoitteeseeni pienestä kutistumisesta, ajattelin kokeilla metallin liittämistä lasitteella valmiiksi poltettuun kappaleeseen. Lasituspoltettu keramiikka ei enää kutistu, joten vaikka polttaisin kappaleen uudestaan samaan lämpötilaan, se pysyisi samoissa mitoissa. Lasite kuitenkin sulaisi ja tällöin toimisi ikään kuin liimana, joka kiinnittää metallin keramiikkaan.

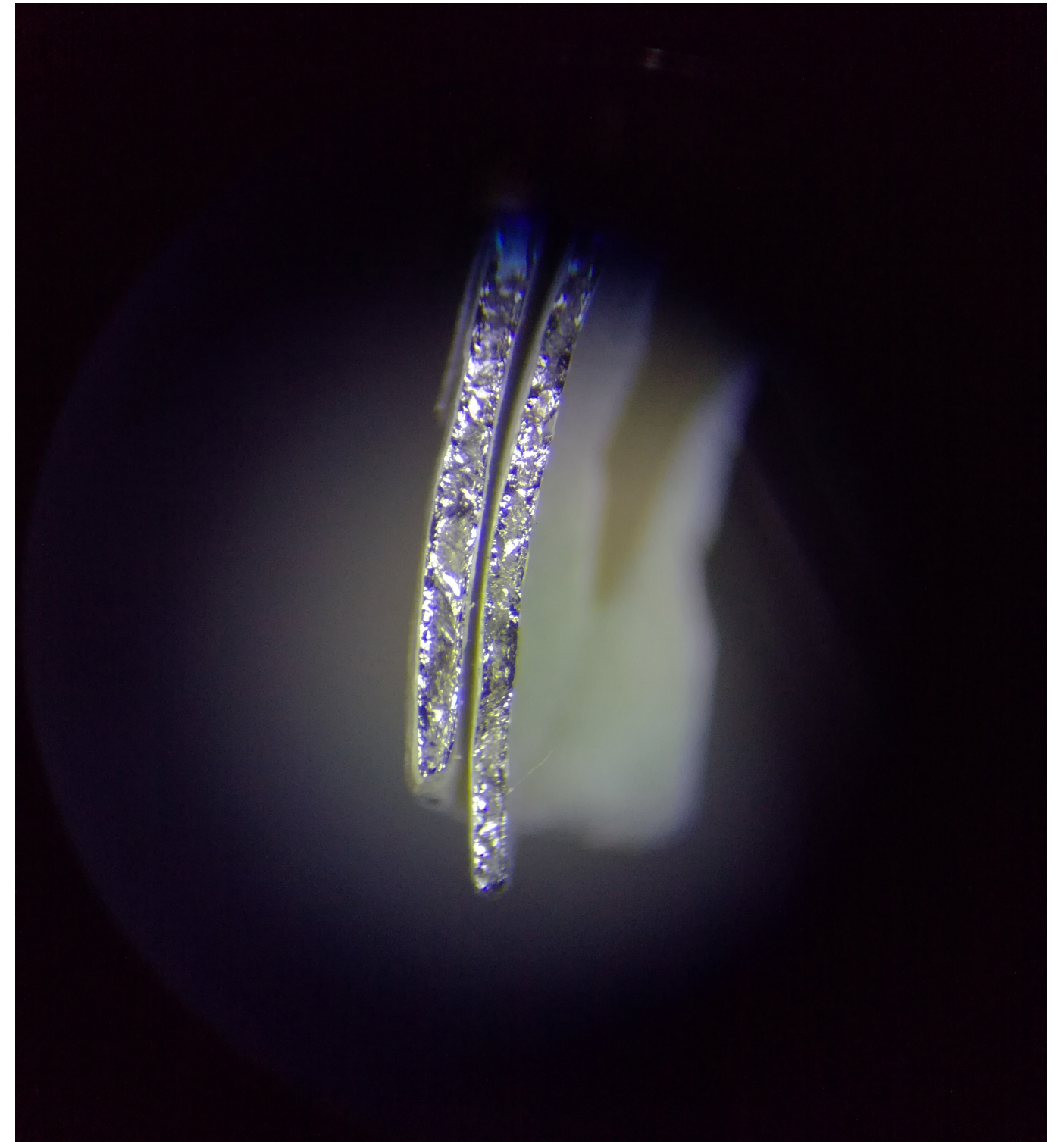
Valitsin näihin liittämiskokeiluihin metalliksi titaanin, koska se on normaalisti erittäin kestävä korroosiota vastaan. Myös titaanin ja sen liitoksien kestävyys kuumuudessa peittoaa verrokkeina käytettävät korumetallit hopean ja kullan. Esimerkiksi emaloidessa, jossa on täsmälleen samankaltainen polttotyövaihe, törmää aina ongelmaan, kuinka saada kappaleiden juotokset ja liitokset kestämaan uunilämpötiloissa. Osasyynä titaanin valitsemiseen oli myös oma mielenkiintoni titaania kohtaan, koska olen viimevuodet käyttänyt pääsääntöisesti pelkästään sitä omissa töissäni.

Kokeilin tätä liittämistä kolmessa eri lämpötilassa kolmella eri lasitteella ja testasin samalla myös titaanin lämpökestävyyttä. Kokeilujen tarkempi kuvaus ja tekniset tiedot löytyvät liitteestä 2.

# Keramiikan ja metallin liittämisen johtopäätökset

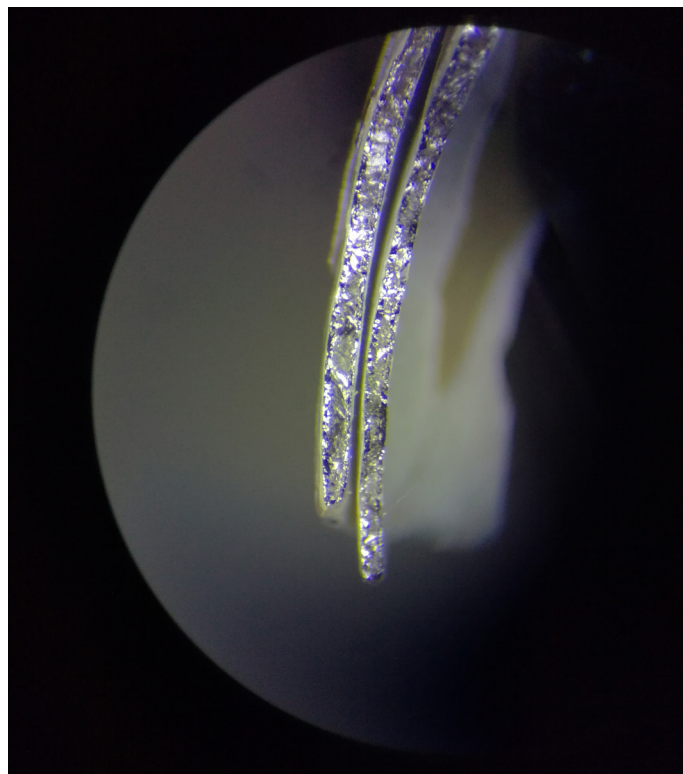
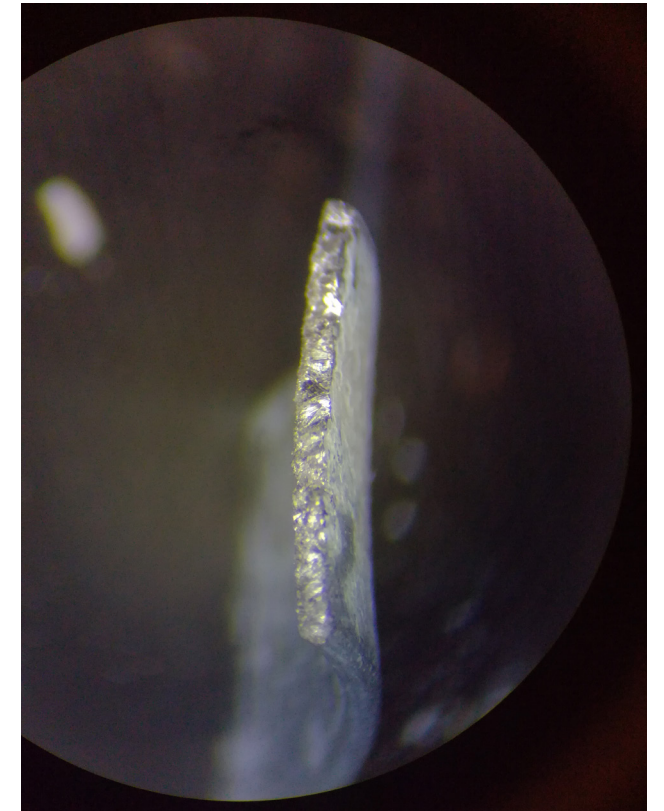
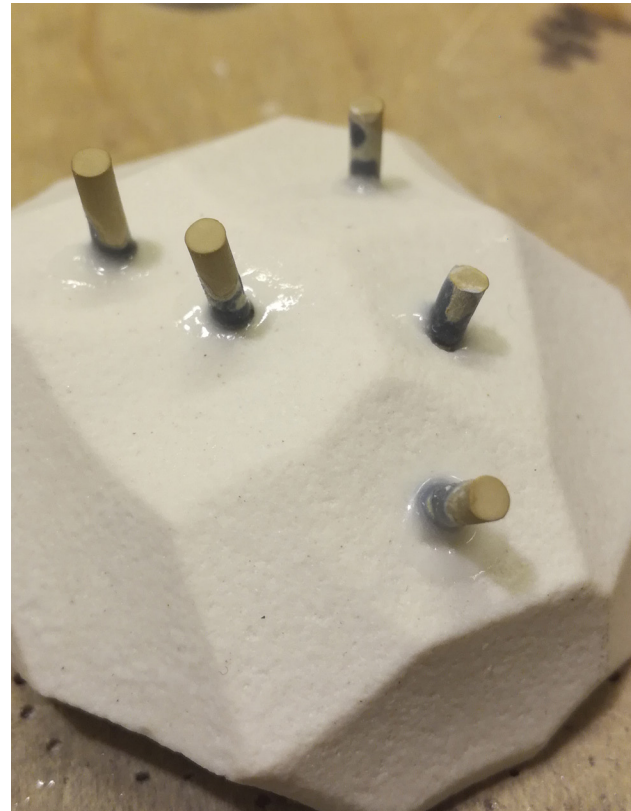
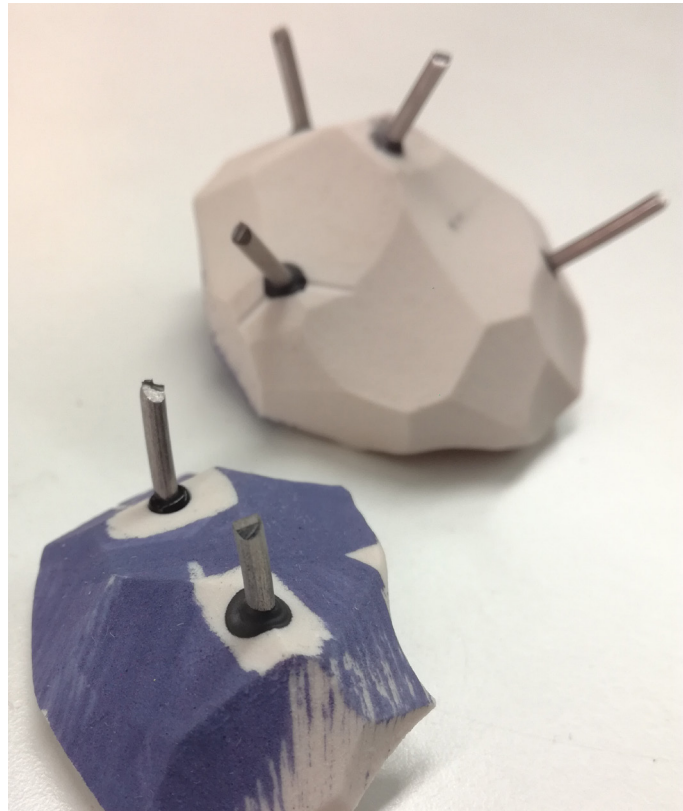
Ongelmaksi muodostui titaanin kestävyys noissa lasitteen sulamiseen tarvittavissa lämpötiloissa. Ensimmäisessä testissä lasite kyllä onnistuneesti kiinnitti titaanin erittäin tiukasti kiinni keramiikkaan, mutta titaani karkaistui samalla erittäin kovaksi ja hauraaksi. Jatkotyöstön ja normaalin käytön kannalta tämä ei ollut haluttu ominaisuus, joten tein lisää testejä alemmissa lämpötiloissa ja eri lasitteilla. Tein myös testejä pelkällä titaanilla eri lämpötiloissa ja tutkin metallin karkenemista noissa polttolämpötiloissa yksinkertaisilla mekaanisilla testeillä ja mikroskoopilla. Muutamien lämpökokeilujen jälkeen totesin, että titaani alkoi karkaistua jo 900 °C jälkeen, jolloin sen kiderakenne muuttui ja metalli ei enää taivutettaessa kestänyt vaan murtui sitä helpommin, mitä korkeammassa lämpötilassa se oli käynyt. Tuon kriittisen 900 °C lämpötilan alapuolella taas edes alilasitevärit eivät sulaneet eivätkä näin ollen myöskään toimineet kiinnittimenä titaanin ja keramiikan välillä.

Menetelmänä metallin liittäminen lasituspolttettuun keramiikkaan lasitteella ylimääräisessä poltossa on toimiva. Se täytyisikin vain toteuttaa joko käyttäen metallia, joka kestää 1100 °C ja korkeammat lämpötilat ilman ominaisuuksien muutoksia, kuten karkenemista, tai käyttämällä erittäin alhaisissa lämpötiloissa sulavaa lasitetta.



Mikroskooppikuva karkaistuneen titaanin murtopinnasta.





- Yllä titaanilankojen liitämiskokeiluja. oikeanpuoleisen testin langat kiinnittyivät erittäin tiukasti, mutta titaani karkaistui samalla kelvottomaksi.
- Vasemmalla ja oikealla samassa 1100 °C lämpötilassa käynyt puolipallo, joka murtui kappaleiksi kahdella sormella puristaen.
- Oikealla ylhäällä 970 °C lämmitetyn titaanin murtopinta.
- Oikealla alhaalla sama alilasitekokeilu kuin ylhäällä, mutta poltettuna. Huomaa titaanilankojen oksidoituminen.



# Hammasposliini

Olen jo kauemman aikaa halunnut päästä kokeilemaan hammasprotetiikassa käytettäviä posliinimateriaaleja ja tämän opinnäytetyön aikana minulla oli hyvä tilaisuus tehdä se osana tämän tutkimusprosessin materiaalitutkimusta. Vietin viikon verran Oulussa hammasteknisessä laboratoriossa Hammassampo Oy:ssä tekemässä erilaisia testejä ja kokeiluja, joissa päällystin ja kerrostin posliinia titaanille. Hammassampo Oy on hammasteknisiä palveluita, kuten proteeseja, implantteja, hampaan paikkoja ja oikomiskojeita hammaslääkäreille ja suoraan kuluttajille tarjoava yritys. (Hammassampo)

Hammasprotetiikassa keraamisia materiaaleja käytetään implanttien, hampaan kruunujen ja kokokeraamisten implanttien valmistamiseen. Suuhun istutettavat yksittäiset implantit sekä kokonaiset implanttisillat voidaan valmistaa zirkoniumdioksidista eli zirkoniasta tai jo vähenevässä määrin käytetystä alumiinioksidista. Näitä materiaaleja voidaan käyttää sellaisenaan, niitä voidaan värjätä tai niiden päälle voidaan polttaa muita keraamisia materiaaleja. (suullinen tiedonanto, Esko Tornberg, 6.4.2017)

Toisin kuin oksidikeramiikasta valmistetut implantit, itse hampaan tai kruunun pinnan valmistamiseen eli päällepoltoon käytettävät massat perustuvat yleensä maasälpä- tai lasikeramioihin tai näiden seoksiin. Näillä materiaaleilla voidaan saavuttaa melkein täsmälleen samanlainen valon taittokyky ja ulkonäkö kuin luonnollisella hampaalla. (Lindent Oy) Tutkin kokeilujen kautta näiden kerrostusposliinien käytettävyyttä ja mahdollisuuksia koruissa.

Käytettävät massat sekoitetaan kulloistakin tarvetta varten pulverista ja nesteestä halutun laiseksi seokseksi, jota voidaan levittää pienellä lastalla tai pensselillä. Hammas tai haluttu pinta rakennetaan kerros kerrokselta välillä polttaen erivärisiä ja kuultavuudeltaan erilaisia posliineja käyttäen. Jokaiselle kerrokselle on omat massansa eri ominaisuuksien mukaan ja näille massoille omat nesteensä.

Esimerkiksi ensimmäinen kerroksen tehtävä on toimia kiinnittimenä tuleville kerroksille sekä myös peittää runkomateriaalin väri. Seuraavilla kerroksilla tehdään hampaan oikea muoto ja värit ja lopuksi hampaaseen poltetaan vielä lasitekerros. Yksittäinen hammas vaatiikin vähintään 3-4 polttoa ja se voi sisältää jopa 10 erilaista massaa.

(suullinen tiedonanto, Esko Tornberg, 1.3.2017)

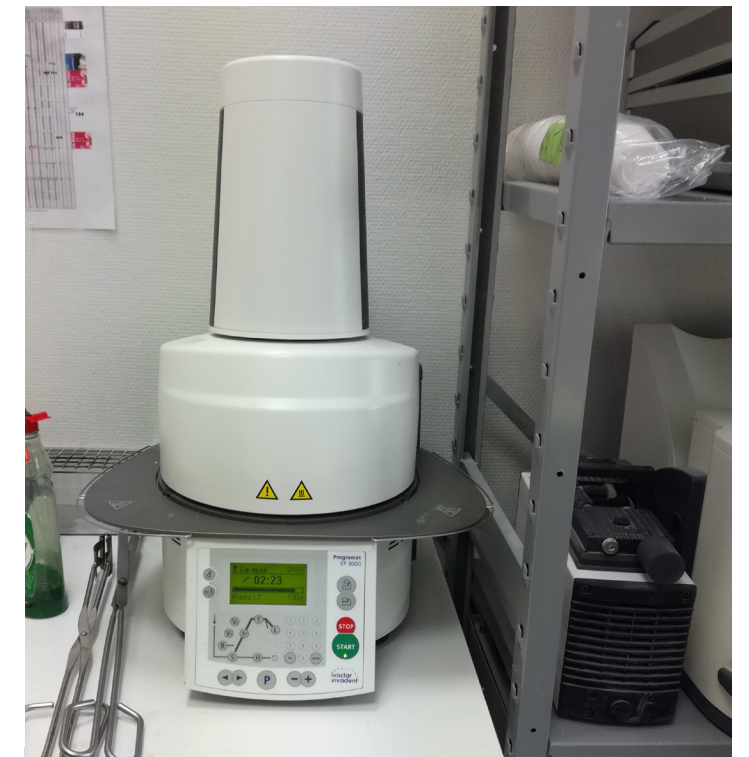




Hammasprotetiikassa käytetään runkomateriaaleina, jonka päälle keramiikka poltetaan, erilaisia kultaseoksia, titaania, palladiumseoksia, kromikobolttia sekä zirkonia- ja alumiinioksidikeraamisia implanteja. Kun näiden materiaalien päälle poltetaan ja kerrostetaan posliinia, jokaiselle käytettävälle pohjamateriaalille on oltava omat massansa vaihtelevien lämpölaajenemiskertoimien takia.

Polttamisessa käytetään tarkkoja erikoisuuneja, joissa polttokammioon imetään tyhjiö polton ajaksi. Näin saadaan tasalaatuisempi lopputulos, koska sulavaan massaan ei pääse muodostumaan kaasukuplia. (suullinen tiedonanto, Esko Tornberg, 1.3.2017)

Kuten muissakin materiaalitutkimuksen osioissa, prosessin tarkempi selostus ja kuvat on lukemisen helpottamiseksi siirretty liitteeseen 3.



# Hammasposliinin johtopäätökset

Lähdin kokeilemalla tutkimaan hammasprotetiikassa käytettäviä kerrostusposliineja, soveltuvatko ne korukäyttöön. Tein yhteensä yhdeksän erilaista kokeilua erilaisilla tyyleillä erimuotoisille titaanipinnoille. Kokeilin tasaisia laajoja väripintoja, värejä sekoittamalla tehtyjä marmorointeja, kirkkaita perusvärejä ohuille lankapinnoille ja paksumpien kerroksien tekemistä vastakaartuvien muotoisten renkaiden pinnoille. Kokeilujakso oli minulle myös ensimmäinen kerta, kun pääsen itse työstämään kyseisiä materiaaleja, vaikka olen pienen ikäni seurannut sivusta, kun isäni käyttää niitä työssään.

Kokeilut onnistuivat erittäin hyvin ja niihin perustuen sanoisin, että kerrostusposliinit toimisivat korukäytössä erittäin hyvin. Aiemmin luvussa ”Keramiikka ja keraamiset materiaalit korusissa” esitelty amerikkalainen luksuskorubrändi Taffin käyttää uskoakseni juuri tämänkaltaisia materiaaleja sormuksiensa pinnoilla ja kivi-istutuksien ympärillä kontrastina jalokivien väreille.

Kerrostusposliinit poltetaan normaalisti noin 800 C asteessa, hieman sen alle tai hieman yli ja kaikki koekappaleet kestivätkin tämän 800 C lämpötilan helposti ja ilman ongelmia. Titaanille poltettaessa ei saakaan ylittää 800 C lämpötilaa, koska se lisää oksidoitumista ja näin heikentää keramiikan kiinnittymistä titaanin pintaan. (Schutz Dental Group)

Jos Kerrostusposliinit kestävät suussa hampaiden pinnoilla jatkuvaa mekaanista kulutusta, likaa ja kosteutta, voisi olettaa, että samainen materiaali kestäisi mainiosti myös korusissa, joissa rasiutus ei ole niin kovaa.

Emalien kanssa samankaltaisena pinnoittamiseen tarkoitettuna materiaalina kerrostusposliinia voisi käyttää jopa paljon luovemmin ja monipuolisemmin kuin emalia, koska sitä on mahdollista kerrostaa paksujakin kerroksia pinnan kuitenkaan murtumatta jäähtyessään. Myös suhteellisen helppo ja tyylien mukaan muuntautuva työskentelytapa sopisi hyvin koruihin emalien ja muiden pinnoitteiden rinnalle.

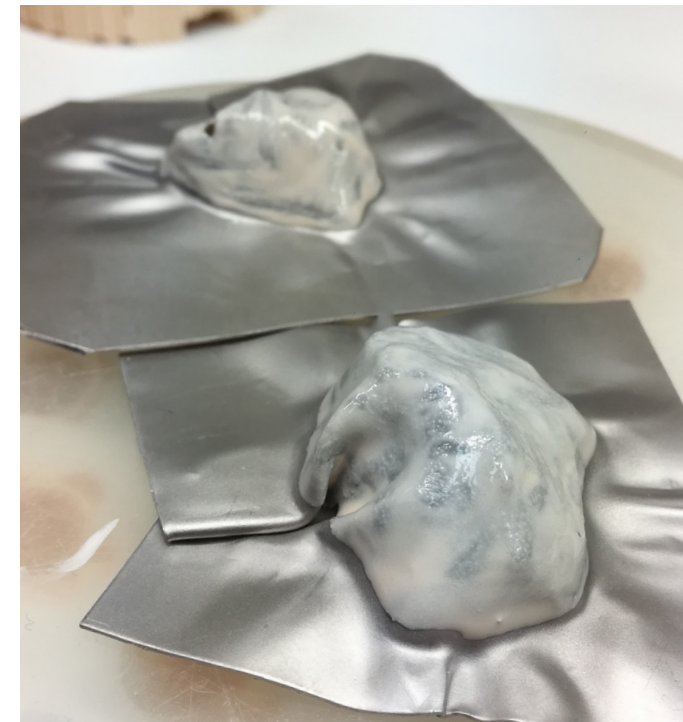
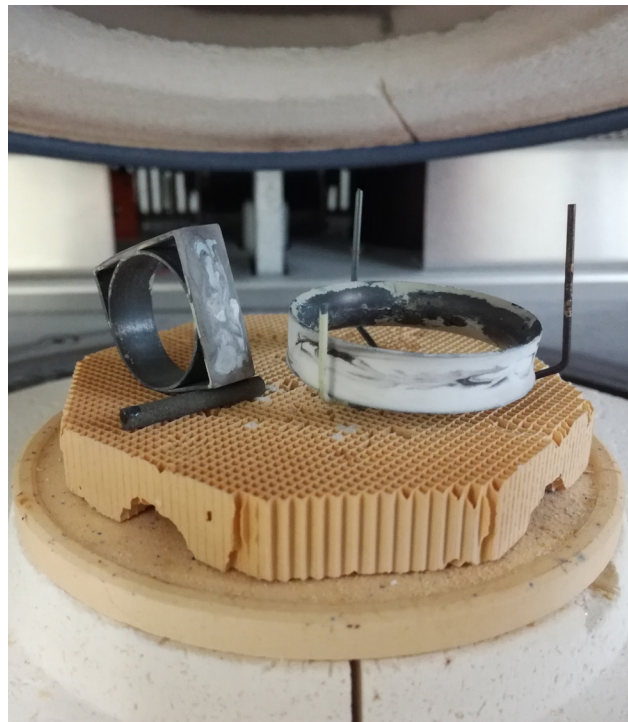
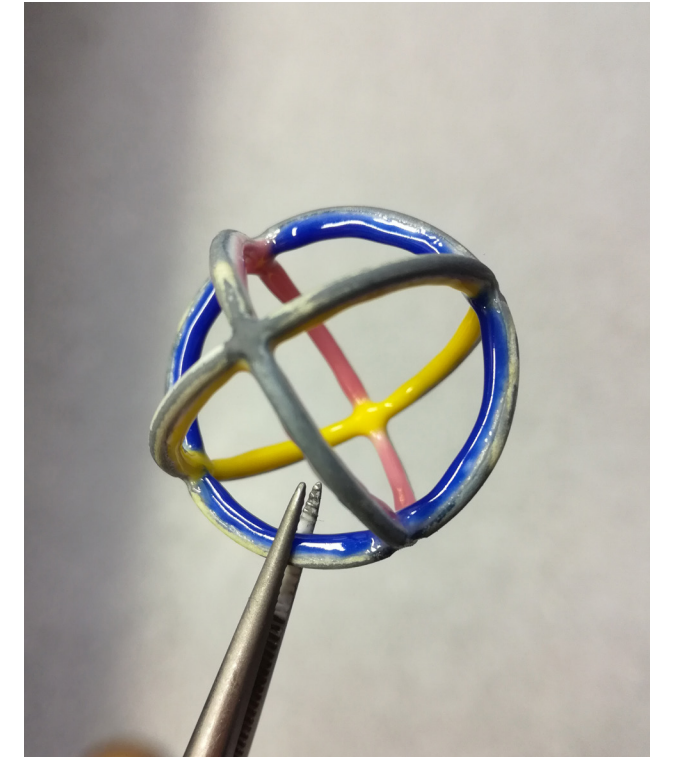
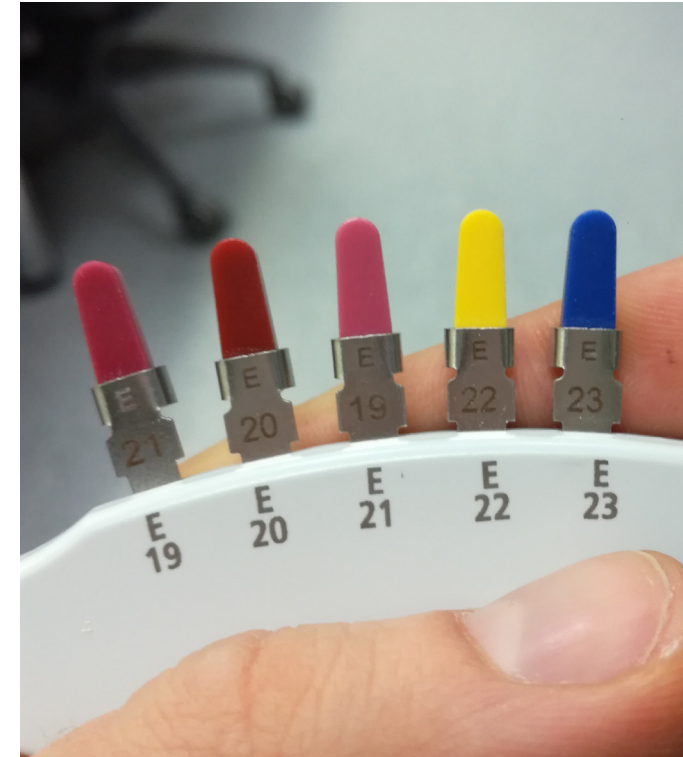
Haittapuolina kerrostusposliineissa ovat raaka-aineiden korkeahko hinta, runkomateriaaleina käytettävien materiaalien vähyys ja niiden kalleus, valmistusprosessin korkeista lämpötiloista johtuvat kappaleiden mahdolliset kestävyysongelmat sekä monimutkaisempi poltto. Kappaleiden kestävyys on tietenkin kierrettävissä hyvällä suunnittelulla, mekaanisilla liitoksilla ja lämmön kestäväällä materiaalilla kuten titaani. Monimutkaisempi poltto tarkoittaa tässä tilanteessa kaksiportaista lämmitystä sekä hidasta jäähtytystä, joka voidaan ratkaista kahdella uunilla tai yhdellä erikoisuunilla, jollaisia hammaslaboratoriot nykyään käyttävät.



Märkää posliinia sekoittamalla tehtyjä marmorointeja.



- Vasemmalla pohjustus kerroksen levittäminen pensselillä. Kerros toimii kiinnitysalustana tuleville pinnoille sekä peittää runkomateriaalin värin.
- Alla vasemmalla marmorointikokeilut menossa uuniin.
- Alla paksun kerroksen levittäminen pensselillä.
- Oikealla värimalleja ja valmis poltettu lopputulos.
- Oikealla alhaalla pohjustettuja, mutta vielä polttamattomia kappaleita odottamassa uuniin pääsyä.



# KORUSARJA KERAMIIKASTA

## Suunnitteluprosessi

Kun lähdin suunnittelemaan tämän opinnäytetyön prosessia, minulla oli visio siitä, että haluan viedä projektin päätökseen korusarjan muodossa tehden siinä näkyväksi kaiken sen tiedonhankinnan ja aiheeseen perehtymisen mitä prosessi tulee pitämään sisällään.

Lähdin tekemään materiaalikokeiluja tavoitteena ja ajatuksena se, että niistä tuloksista ja onnistumisista tulen ammentamaan inspiraationi korusarjan suunnitteluun, mutta kuinkas kävikään. Kun mikään materiaalikokeilu ei tuottanut toivottuja tuloksia eikä kaikista niistä testeistä jäänyt mitään konkreettista hyödynnettävää, olin hetken tyhjän päällä, kunnes tajusin, että omaksumani tieto ei ollut sidottu pelkästään noihin kokeiluihin, vaan keramiikkaan materiaalina yleisesti. Voisin siis käyttää toisella tapaa hyväkseni kaiken sen tietotaidon, jota olin imenyt itseeni tutkimusprosessin aikana. Käyttäisin samaa valmistustapaa kuin materiaalikokeiluissa ja materiaalina samaa Keracast valusavea, jota kokeiluissa muokkasin. Toisin sanoen palasin takaisin lähtöruutuun, mutta tällä kertaa paljon paremmin valmistautuneena kuin ensimmäisellä kerralla.

Tyylini suunnitella ja luonnostella ei sisällä kovinkaan paljon konkreettisia luonnoksia paperille, vaan mietin ja kirjaan ajatuksiani ylös piirtämisen sijaan. Usein siirryn aika nopeasti tämän ideoinnin jälkeen suoraan tietokoneelle luonnostelemaan ideoitani kolmiulotteisiksi malleiksi, joita muokkaan ja varioin, kunnes olen tyytyväinen.

-keveys / hengittävyys / ilmavuus

-liike / elämä / kinetia / heiluri / keinu

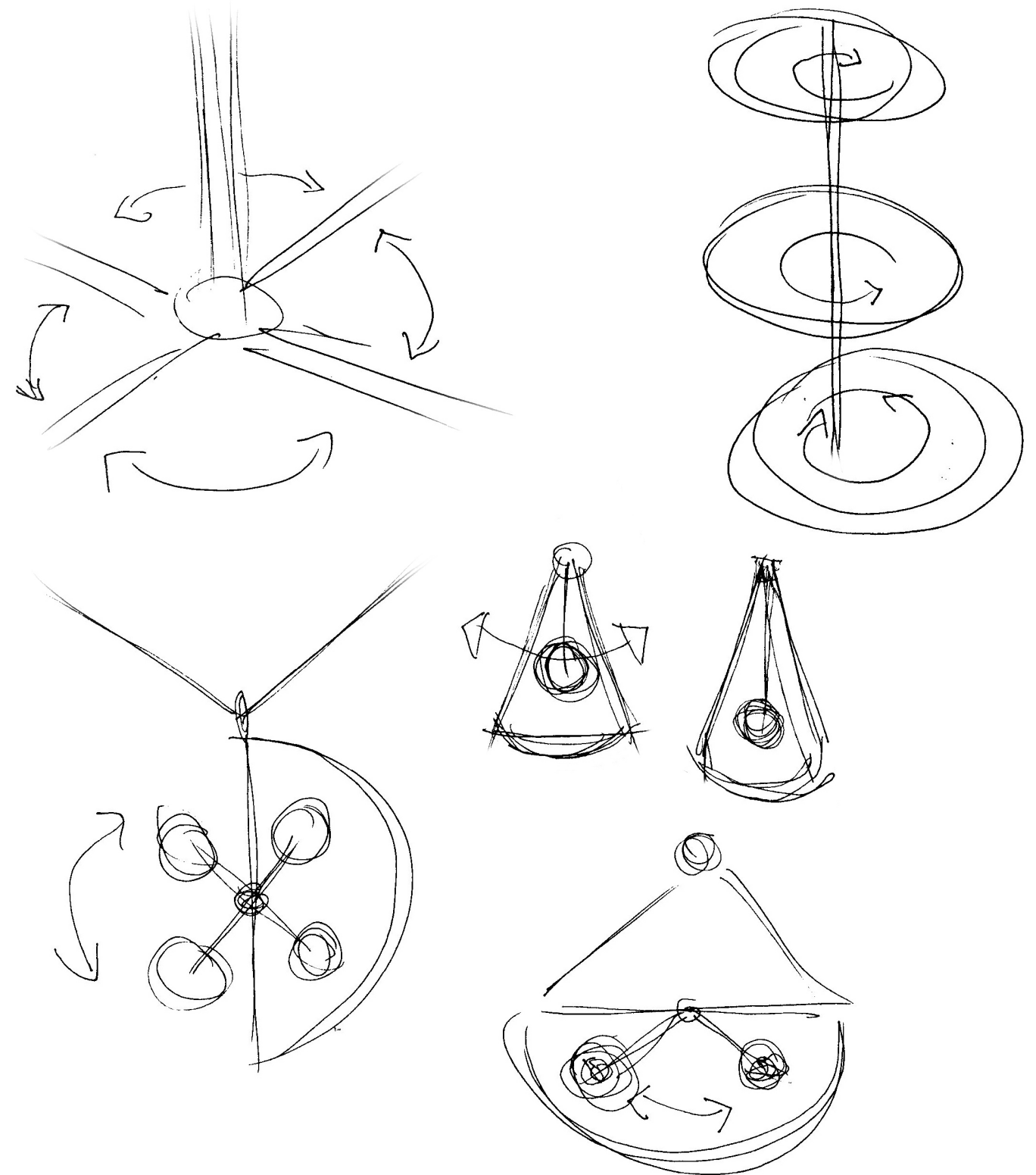
-haptisuus / kosketeltavuus

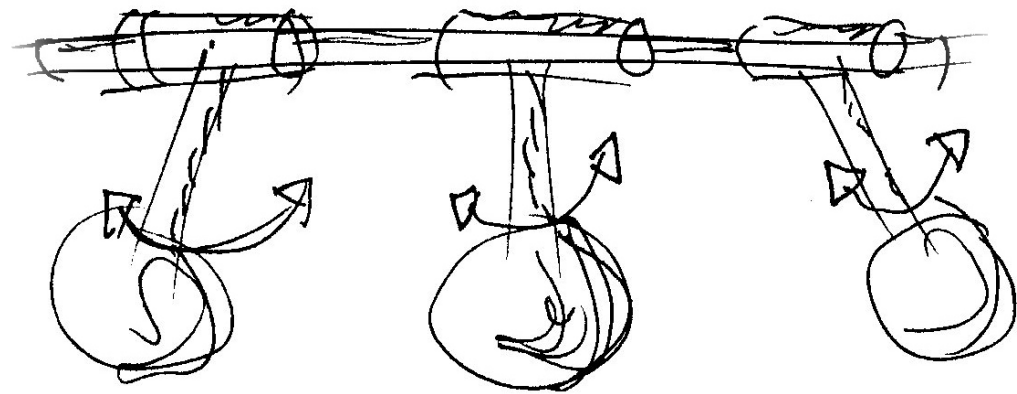
Aloitin suunnitteluprosessin miettimällä, mitkä ovat korusarjani tavoitteet, joiden pohjalta voisin aloittaa ideoimisen. Mietin, mitkä ovat keramiikalle tyypillisiä asioita ja ominaisuuksia, mitä haluan tulevan näkyviin koruissa ja mitä en. Näiden pohjalta keräsin avainsanoja, joiden halusin kuvaavan lopullista tuotetta.

Keramiikkakorut ovat monesti painavia ja kömpelön oloisia, koska materiaali osaltaan vaatii sen kestävyuden nimissä. Halusinkin koruun keveyttä ja ilmavuutta, jotka tekevät siitä kevyen ja ilmavan näköisen. Myös liike ja se, että koru pääsee liikkumaan ja elämään käytettäessä luovat illuusion keveydestä ja tekevät siitä kevyemmän oloisen. Haptisuus ja kosketeltavuus ovat koruissa aina läsnä, koska korut ovat tietynlaisia amuletteja, joita hypistellään ja kosketellaan, joten otin myös sen suunnittelun yhdeksi lähtökohdaksi. Kaupallisuus ja sen vaatima monistettavuus ja helppo valmistaminen siksi, että koen, että ne eivät ole vahvimpia puoliani ja jos aion harjoittaa muotoilijan ammattia tulevaisuudessa, se tulee olemaan elinehto.

Aloin miettiä liikettä ja miten se ilmenee erilaisissa liikeradoissa, joita voisin hyödyntää keveän mielikuvan aikaansaamiseksi. Nopeasti kuitenkin huomasin, että esimerkiksi riippuvissa korvakoruissa erilaiset liikeradat toimivat hyvin ja helposti, koska korva sijaintina antaa kappaleelle paljon tilaa liikkua vapaasti. Sitä vastoin esimerkiksi riipuksessa tai sormuksessa, joissa kappaleet eivät roiku vapaasti vaan ovat kytkettyinä johonkin tai lepäävät jotakin pintaa kuten kehoa vasten, liikkeen aikaan saaminen ilman pyöriviä rakenteita on haasteellista. Pyörivä liike on sikäli hyvä, että koska se on sidottu johonkin akseliin, se toimii esimerkiksi sekä korvakoruissa, riipuksissa, sormuksissa että kalvosinnapeissa. En kuitenkaan päässyt sen osalta eteenpäin, joten jätin ne idea asteelle hautumaan ja jatkoin luonnostelua. (kuva skissi1-3)

Pyörivästä liikkeestä luonnollinen jatkumo on heiluriliike, joka on periaatteessa vajaa pyörimisliike. Luonnostelin ja mietin erilaisia rakenteita, missä sitä voisi käyttää. Alkuperäisen kaltaisesta mekaaniseen akseliin sidotusta heiluriliikkeestä luovuin kuitenkin sen takia, että koin sen jotenkin kahlituksi ja ei-eläväksi ratkaisuksi. Liikkeen tulisi olla vapaata ja luonnollista, ei mihinkään kahlittua. Prosessin kuluessa minulle myös valkeni, että liike käytettäessä kyllä syntyisi keveyden seurauksena ja ettei sitä tarvitse mitenkään erityisesti alleviivata.





Yksi jo johdannossa mainittu tavoite tälle opinnäytetyölle ja suunniteltavalle korusarjalle oli keksiä ja kehittää uusia tapoja liittää keramiikkaa metalliin. Titaanin liittäminen lasitteella keramiikkaan, mitä olin suunnitellut käyttäväni tässä korusarjassa, ei toiminut titaanin karkenemisen takia, joten se vaihtoehto oli pois suljettu. Ennen lasiteliitostestejä ideoin erilaisia vaihtoehtoisia tapoja liittää keramiikkaa ja sieltä löytyikin idea, jota saatoinkin käyttää hyväksi tässä työssä. Kyseessä oli siis metallirungon hitsaaminen täysin valmiin keramiikkakappaleen ympärille, jolloin kappale olisi tiukasti lukittu rakenteeseen. Tämä mahdollistaa monimutkaisetkin metallirakenteet ja hitsaaminen korukäyttöön tarkoitetulla Orion -pulssehitsauslaitteella ei vahingoita keramiikkakappaletta, vaikka hitsaus tapahtuisi sen välittömässä läheisyydessä.

Ideoidessani mietin myös, missä osassa keramiikka on tulevassa korussa. Onko se pääosassa vai vaan jokin katseenvangitseva yksityiskohta? Tulisiko sitä käyttää aivan kuten muita materiaaleja vai vaan sen omilla ehdoilla? Onko järkevää käyttää keramiikkaa muiden materiaalien ehdoilla? Näiden kysymysten pohjalta tulin siihen johtopäätökseen, että ei ole mitään järkeä käyttää keramiikkaa, ellei materiaalivalinta jotenkin tue korun muotoa ja tarkoitusta. Päädyin kompromissiin siitä, onko keramiikka pääosassa vai pelkkä yksityiskohta, koska keramiikka kuitenkin materiaalina tarvitsee tuekseen myös jonkun suojaavan elementin. Tässä tapauksessa se toinen suojaava elementti tulisi olemaan ympärille hitsattava metallirunko, joka samalla voisi toimia ripustuksellisenä elementtinä.

Edellisten kysymysten pohjalta muovautunut ajatus, että materiaalivalinnan täytyy tukea muotoa ja olla sille jotenkin ominaista vei prosessia eteenpäin. Koska olin valinnut valmistusmenetelmäksi valun, mietin mitkä asiat ovat tälle työmenetelmälle ominaisia ja tyypillisiä. Keramiikkavalulle tyypillinen ominaisuus on se, että se toistaa tarkasti halutun muodon kappaleen ulkopinnalle, mutta myös hieman pehmeämpänä sen sisäpuolelle. Halusin käyttää tätä ominaisuutta hyväksi korussa, joten aloin suunnitella, miten konkretisoisin tuon idean.

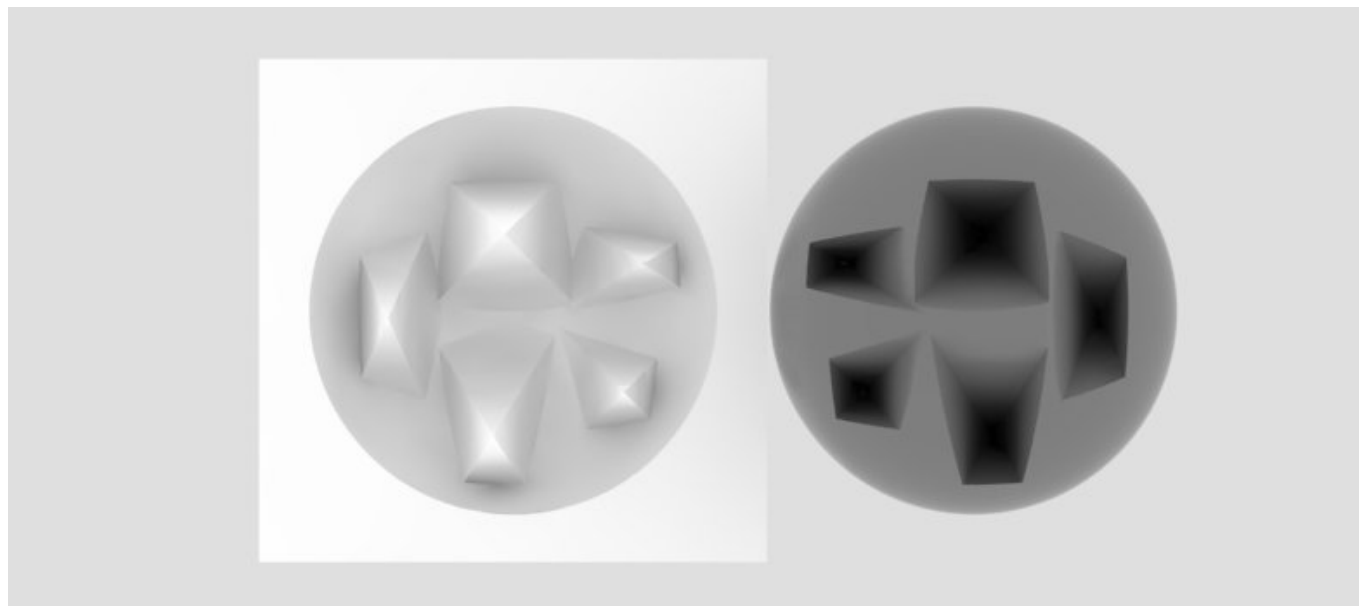
Siirryin seuraavaksi tietokoneelle kokeilemaan, mitä saisin tuosta ideasta irti. Tässä vaiheessa alkuperäisistä avainsanoista oli jäljellä enää kaksi ryhmää, koska jätin myös haptisuuden ja kosketeltavuuden pois, koska koin, että ideointiprosessia kahlitsi liikaa ajatus helposti kosketeltavasta korusta. Kyseenalaistin myös ajatuksen, että kosketeltavan ja haptisen lopputuloksen tavoittelemisen tukisi muita tavoitteita, joita olin koruun liittänyt. Siirryin tietokoneelle luonnostelemaan tavoitteiden mukaista keramiikkaosaa, jota voisin käyttää monessa eri korussa pienellä varioimisella.

**-Keveys / hengittävyys / ilmavuus**

**-kaupallisuus / monistettavuus**

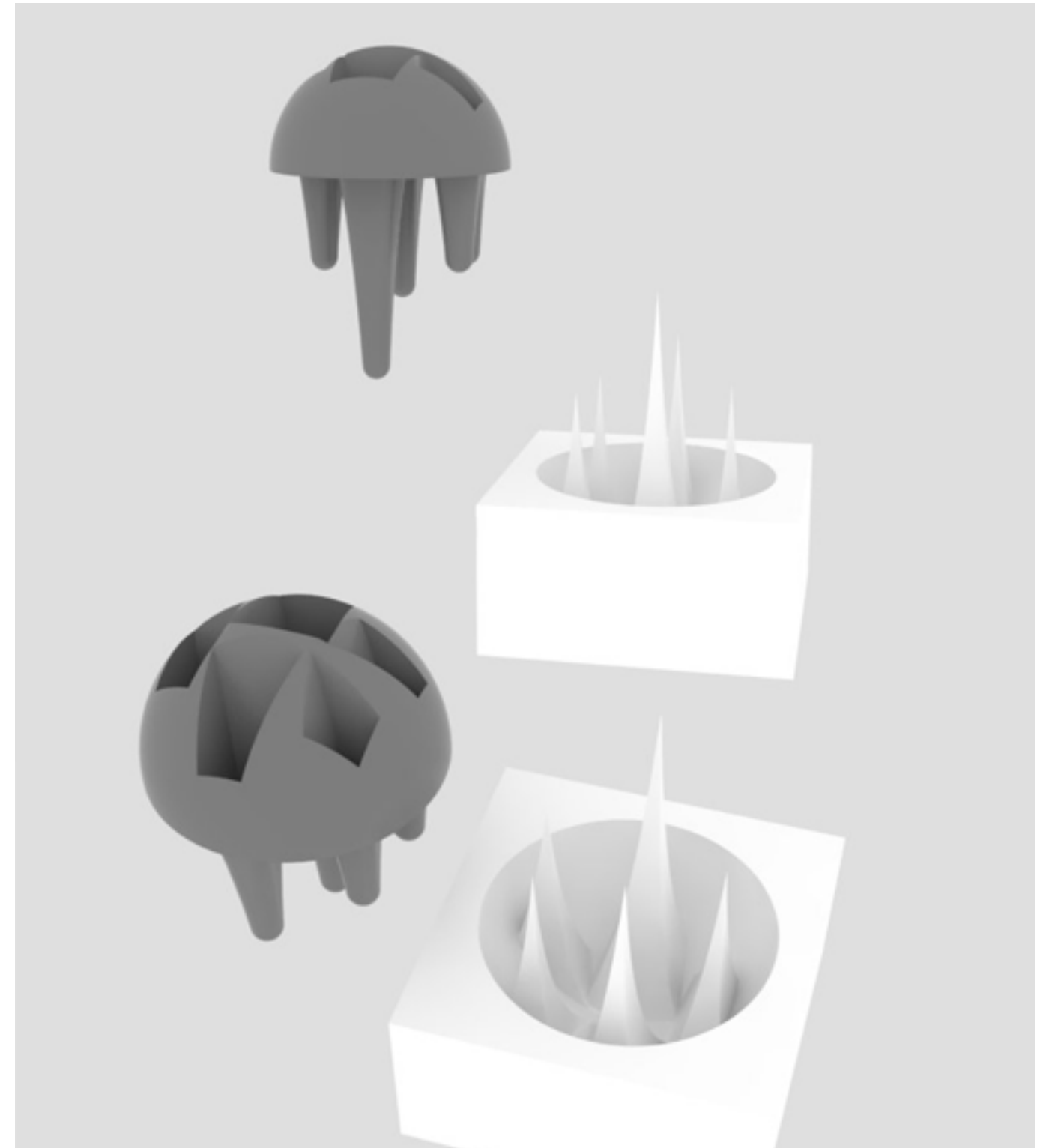


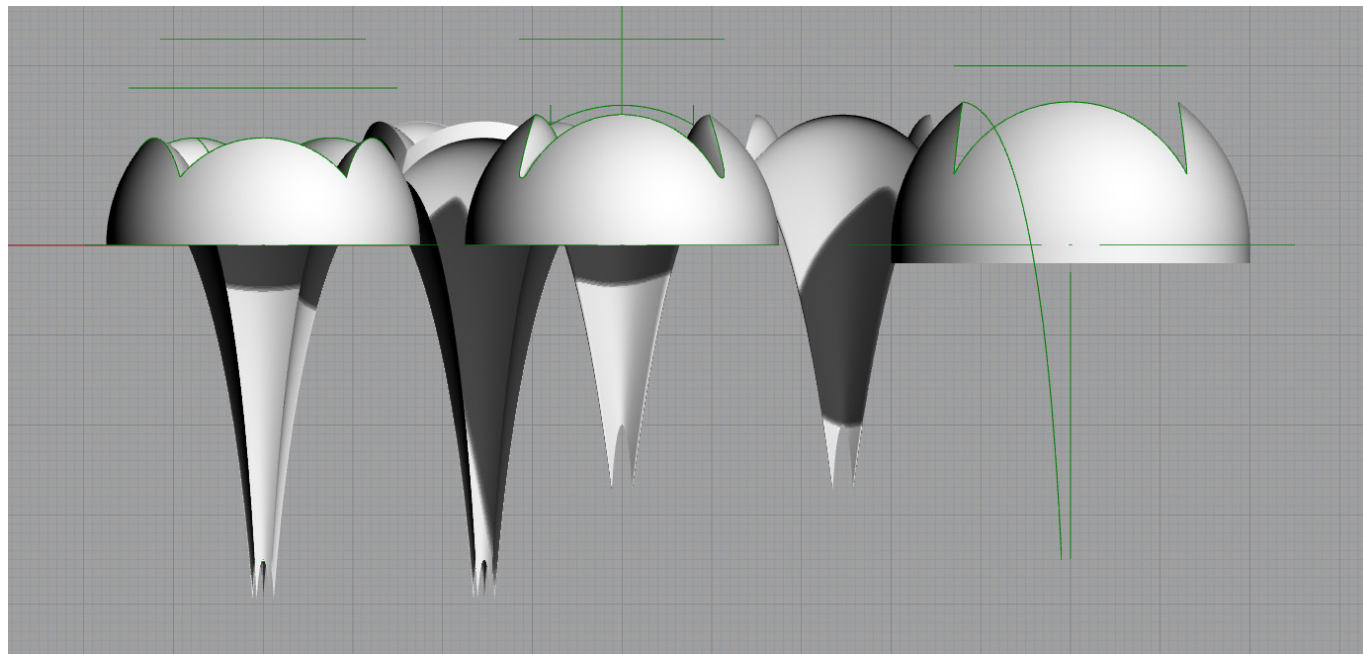
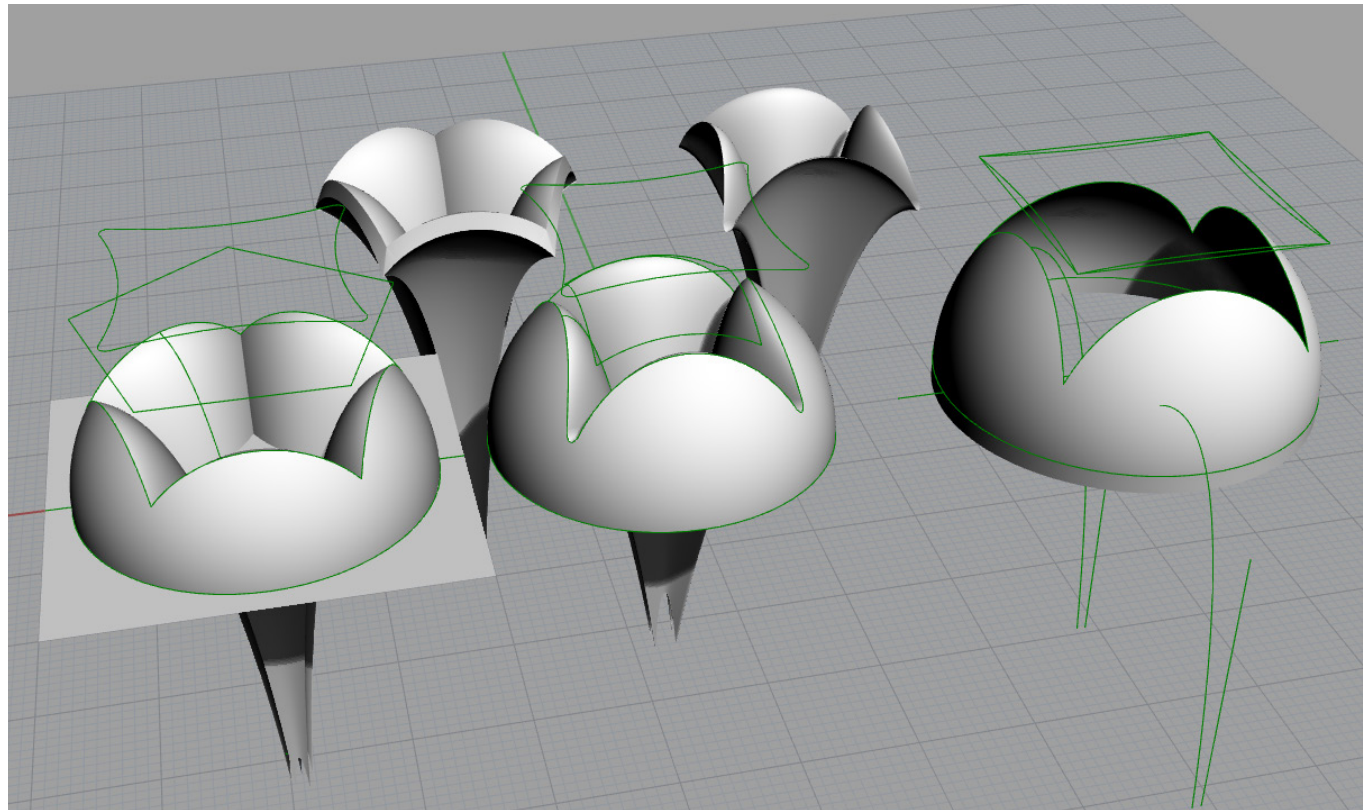
# Luonnostelu



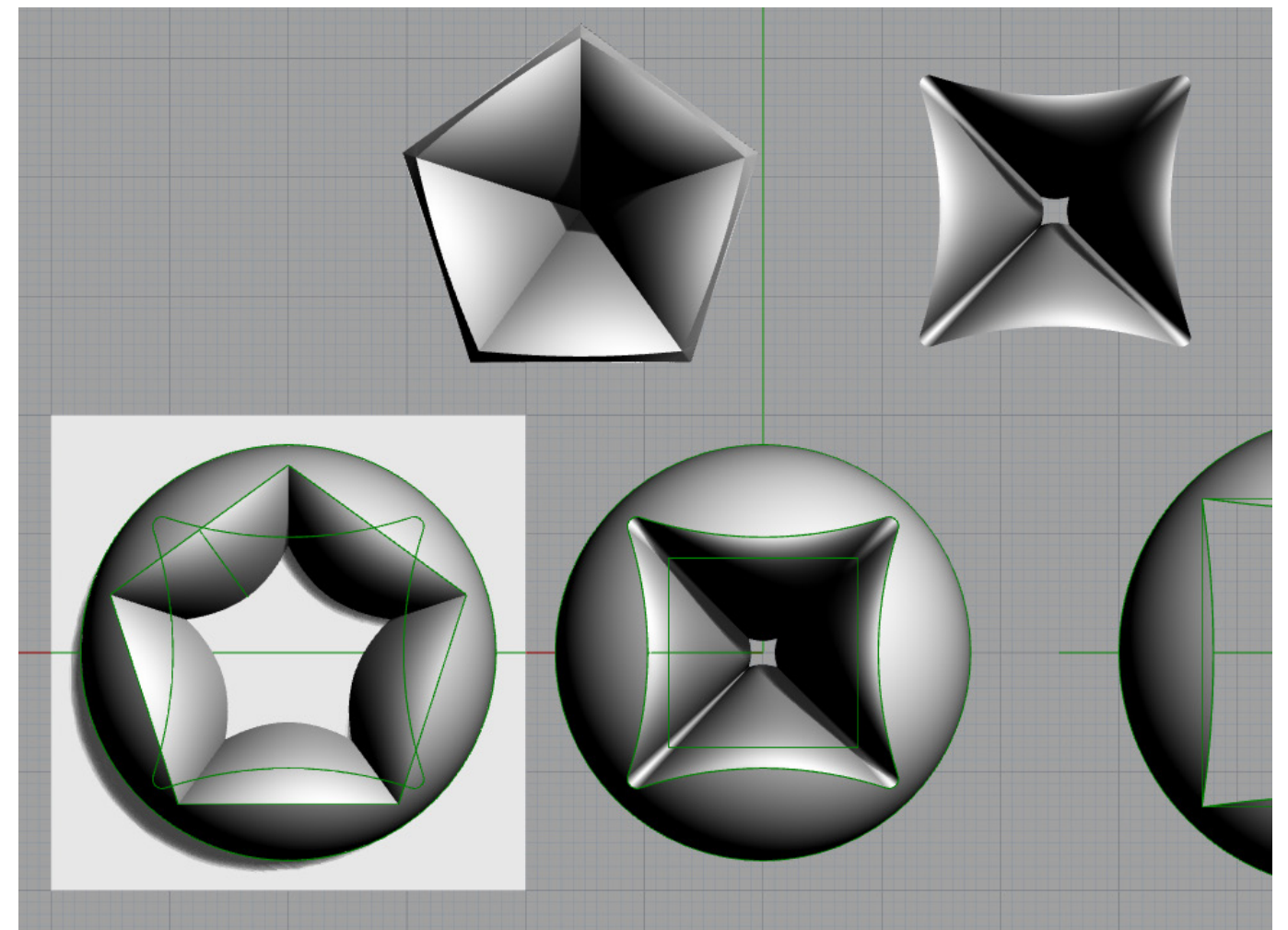
Kuvissa valkea kappale imitoi muottia, jolla valaessa syntyy harmaa kappale. Valaessa kipsimuotti imee valusavesta vettä ja näin saviseinämä alkaa kasvaa sitä mukaa, kun lisää vettä imeytyy muottiin.

Kyseinen muoto ei kuitenkaan toimisi, koska kuivuessaan valusavi kutistuu ja näin kappaleeseen syntyy jännitteitä muodon piikkien välille ja se hajoaisi itsestään. Siispä hylkäsin idean ja jatkoin eteenpäin.

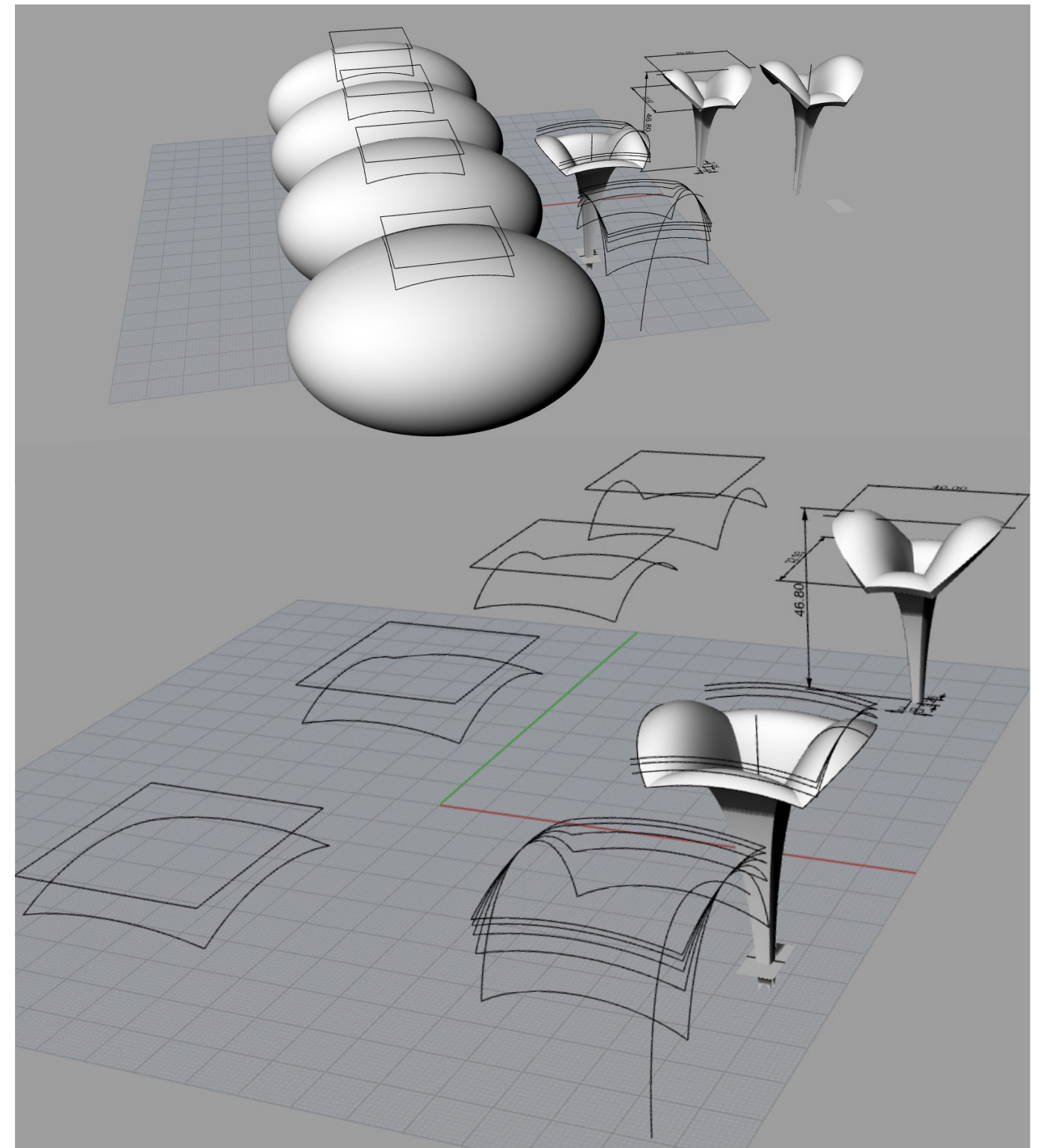
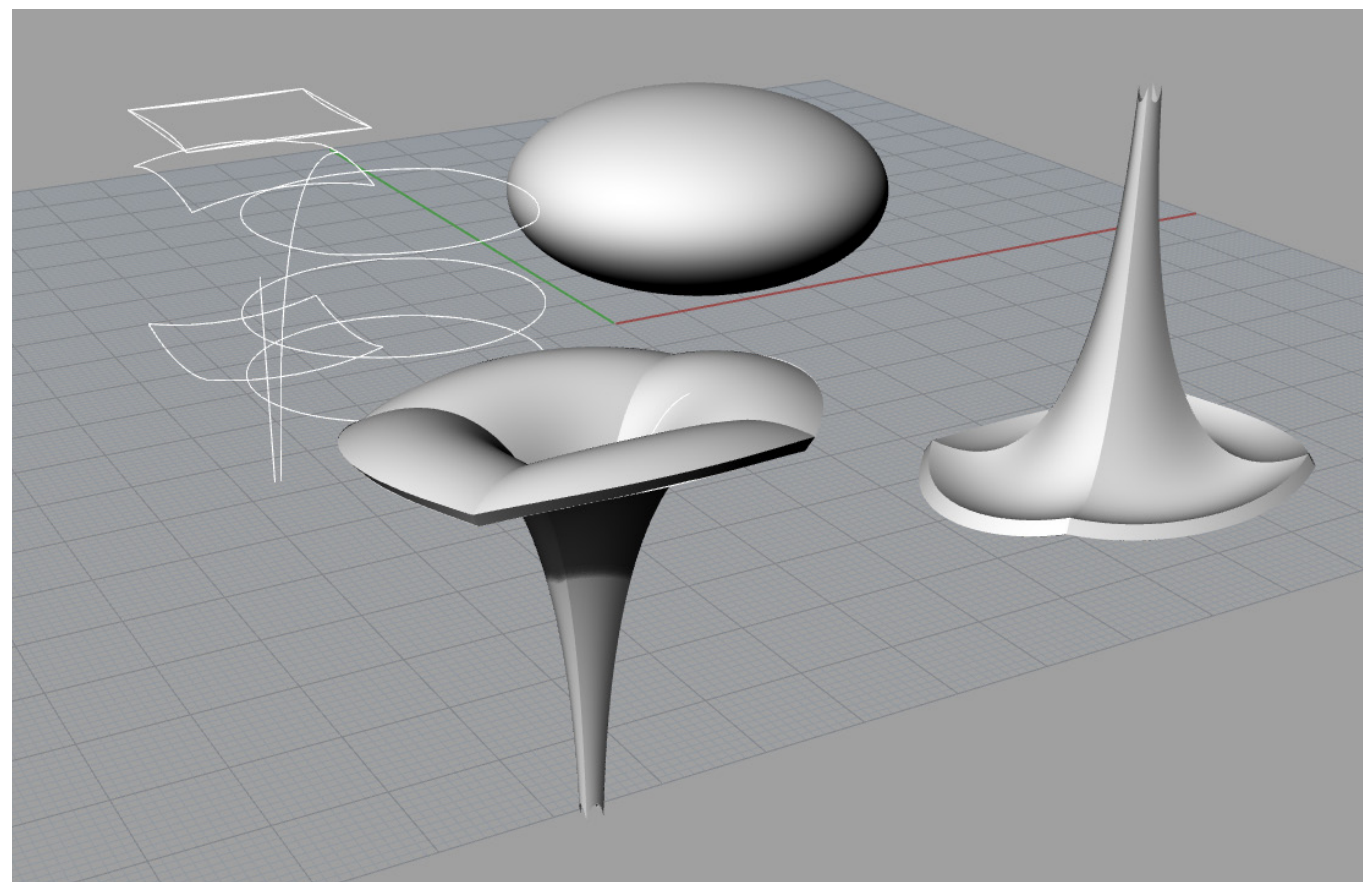




- Sisältä ulos avautuva muoto = kummankin pinnan käyttäminen hyväksi
- Lähtömuotoina eri kulmiot, pyöreä pinta ja “jalkaosan” profiili
- Mittasuhteet ja balanssi
- Päästävä muoto = valmistettavuus

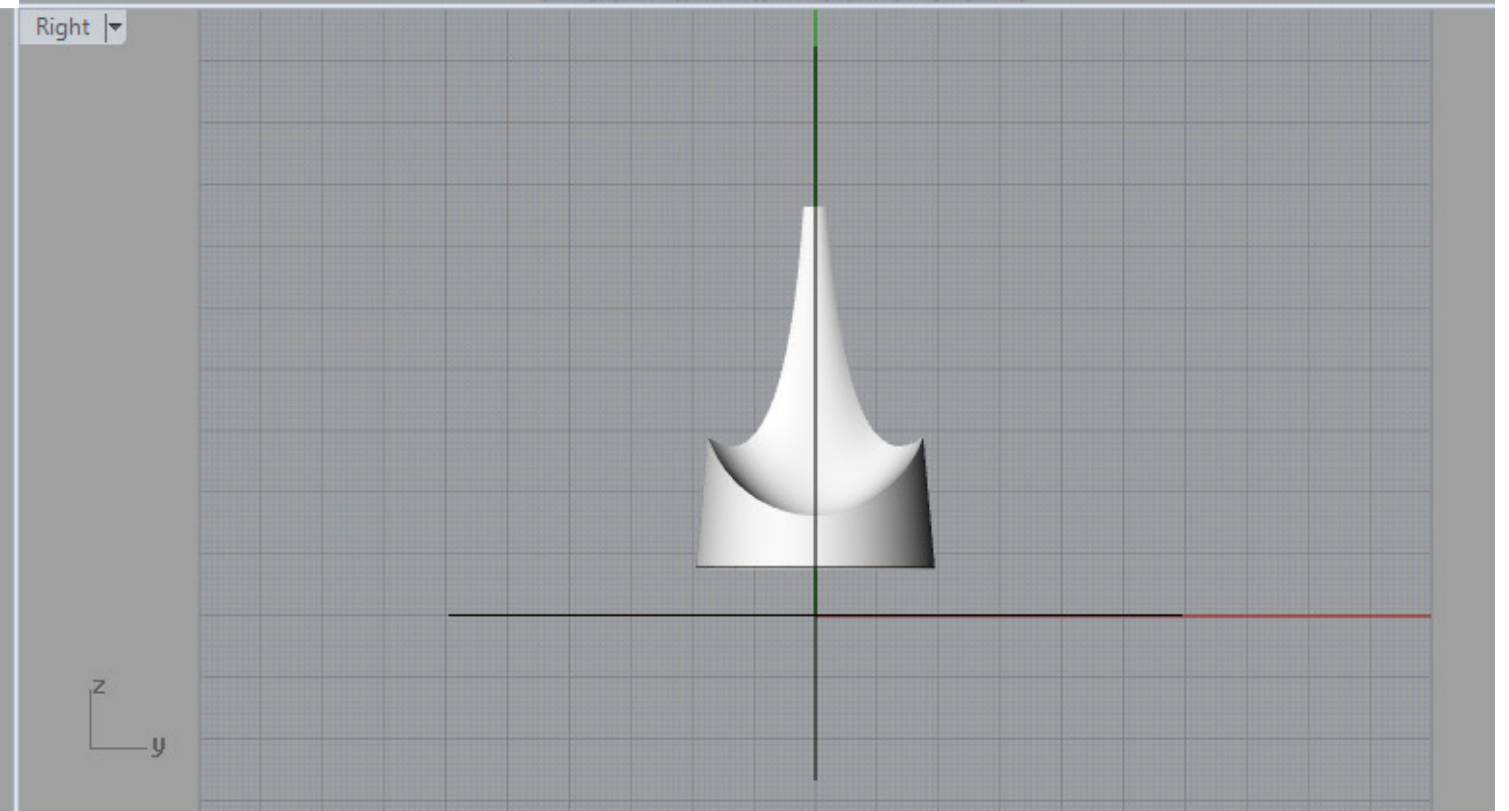
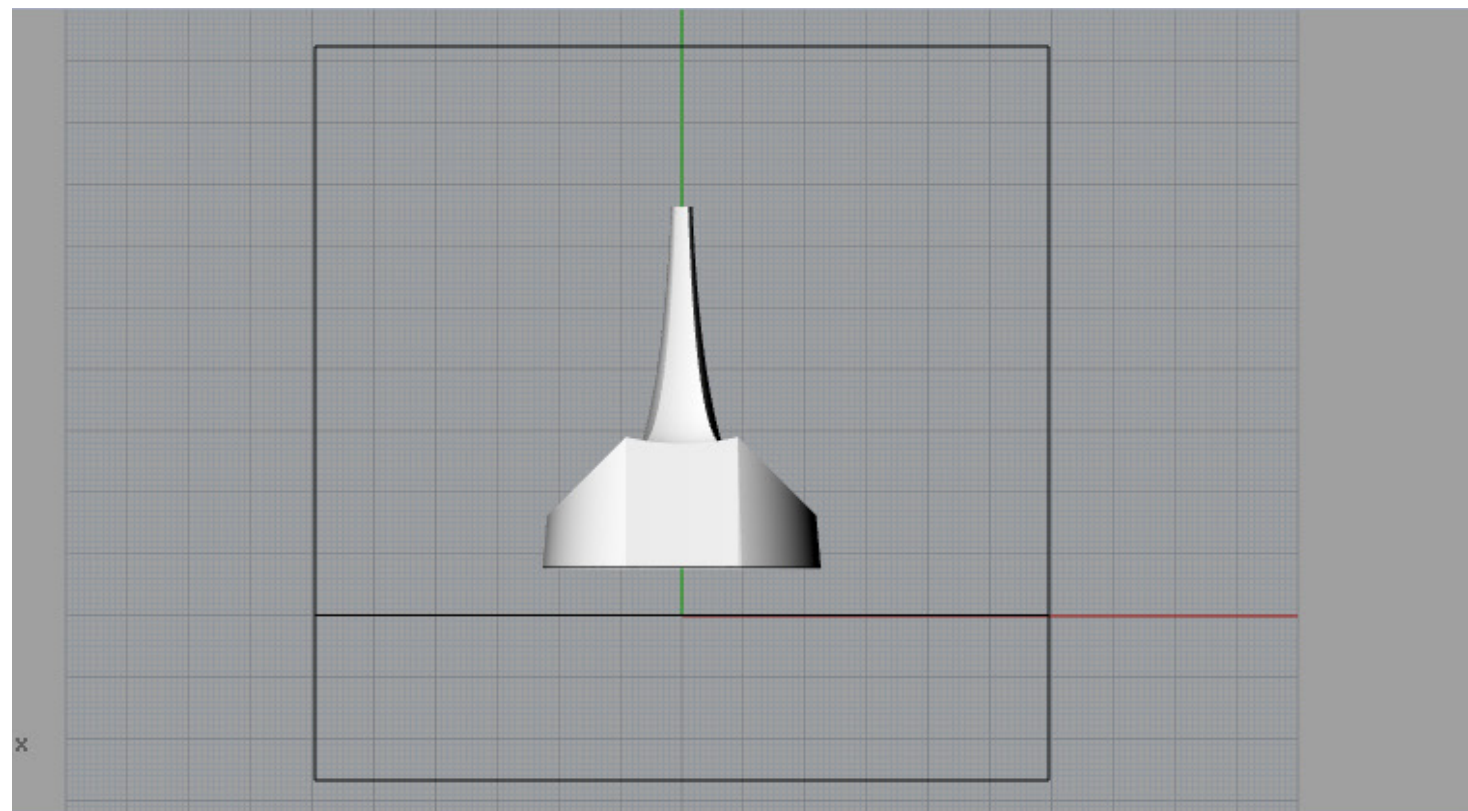
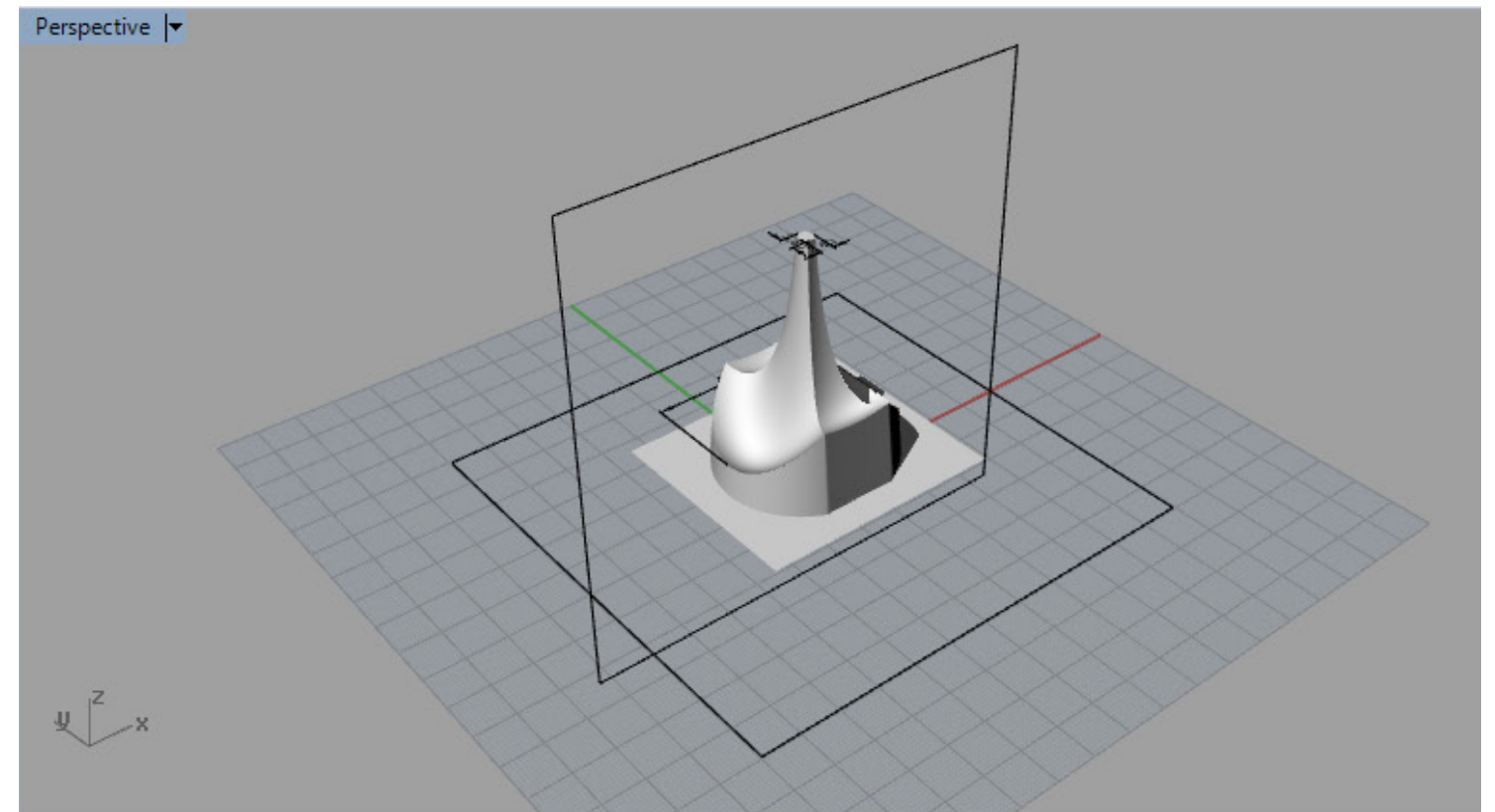


- Yläosan variaatiot
- Neliöprofiilin projektointien vaikutukset muotoon
- Mittasuhteet ja balanssi
- Visuaalinen keveys ja estetiikka
- Jalkaosan paksuus ja mittasuhteet = kestävyys
- Lopullinen muoto oikealla

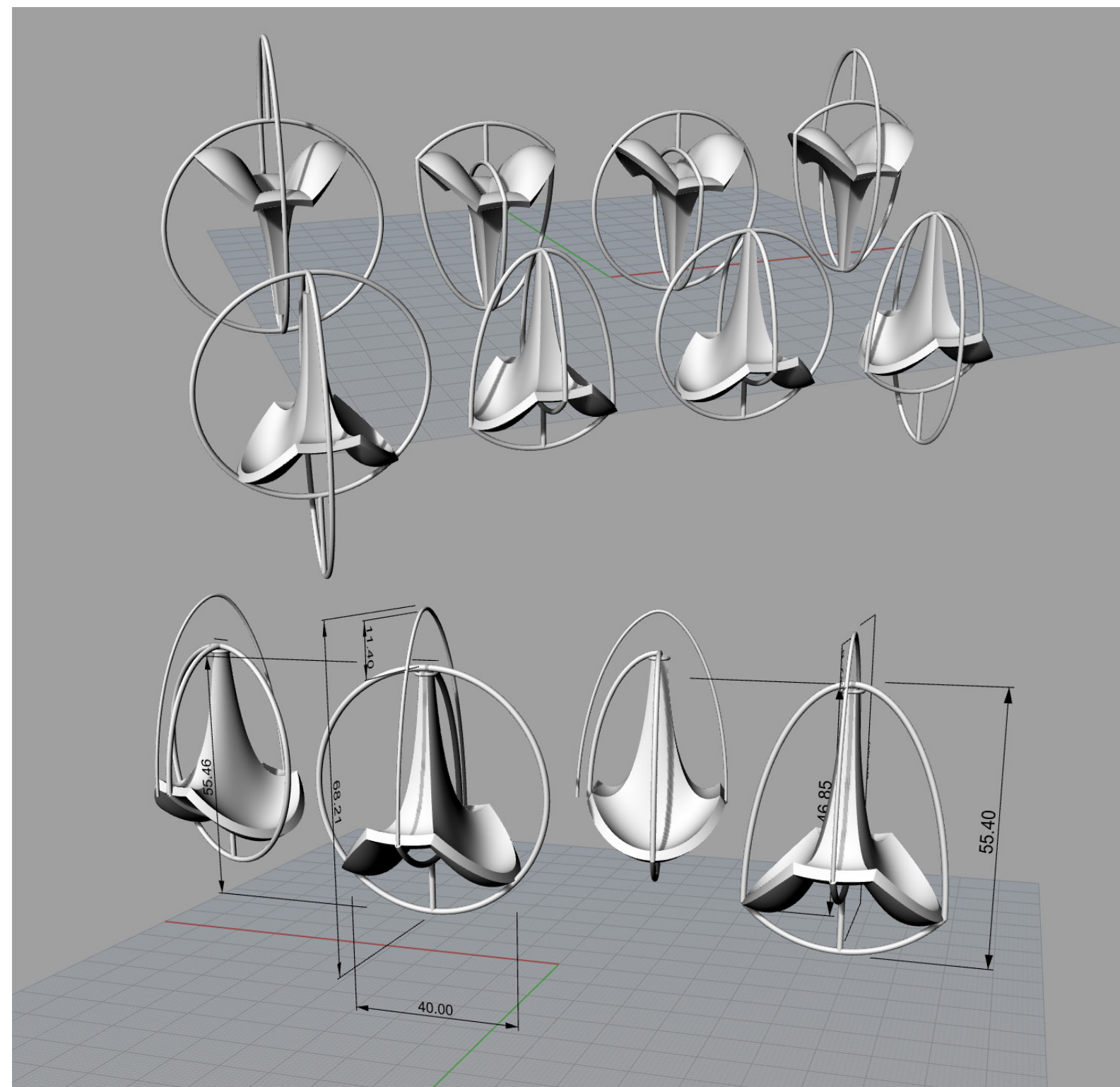


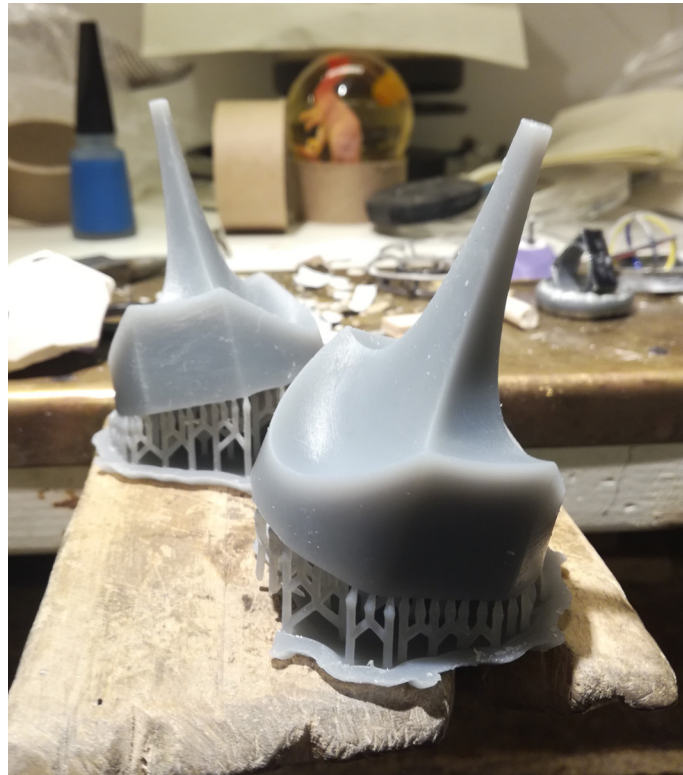
# Lopullinen muoto

- Kuvissa korun kipsimuottia varten 3D-tulostamalla valmistettava mallikappale
- Muoto on ilmava ja kevyt ja toimii sekä ylösalaisin että pystyssä

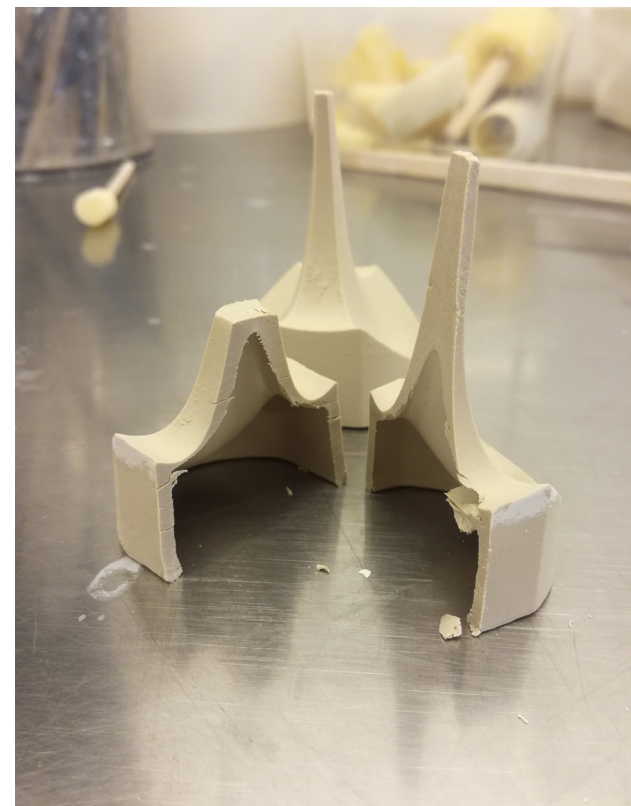
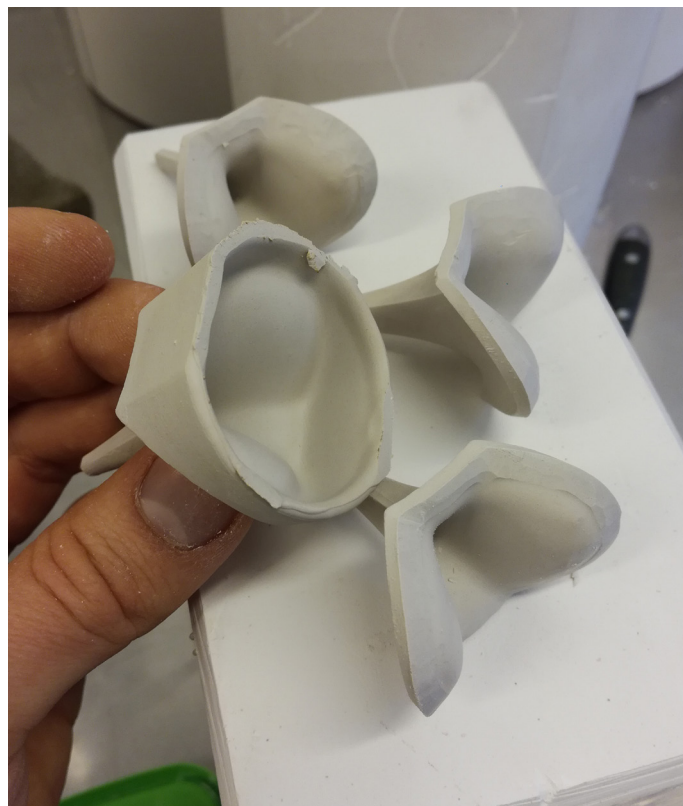


- Kuvassa ylhäällä erilaisia variaatioita keramiikan ympärille hitsattavasta rungosta. Samalla muodolla mallit toimivat sekä pystyssä että ylösalaisin niin kuin oli tarkoituskin.
- Kuvassa alhaalla lopulliset valinnat korvakorujen malleiksi.
- Valitsin metallirungon materiaaleiksi 1,3 mm ja 0,8 mm vahvat pyöreät langat, jotka on valmistettu nikkelittömästä kirurginteräksestä. Se on iholla reagoimaton, erittäin kovaa, helppoa hitsata eikä vaadi pinnoille paljoakaan viimeistelyä, koska on valmiiksi huippukiiltävää ja säilyttää hyvin kiiltonsa kovuutensa ansiosta.
- Keramiikkaosaa kiertävä lanka on vahvuudeltaan 1.3 mm ja korvan läpi menevä viimeinen kaari 0,8 mm.
- Valmistin kuvauksia varten kuvassa alhaalla ja myöhemmin tuotekuvissa näkyvät korvakoruparit.
- Jatkan korusarjan laajentamista seuraavaksi riipuksiin ja rintakoruihin. Toteutan eri korumallit, kuten riipukset ja rintakorut, varioimalla kuvassa ylhäällä näkyviä metallirungon muunnelmia, joten jokainen malli tulee olemaan yksilöllinen, mutta kuitenkin vahvasti samaa perhettä.





- Vasemmalla 3D-tulostetut mallikappaleet kipsimuotteja varten
- Alhaalla valettuja kappaleita ja valun läpileikkaus
- Oikealla viimeistelyä vielä polttamattomia kappaleita
- Oikealla alhaalla kappaleet raakapoltossa



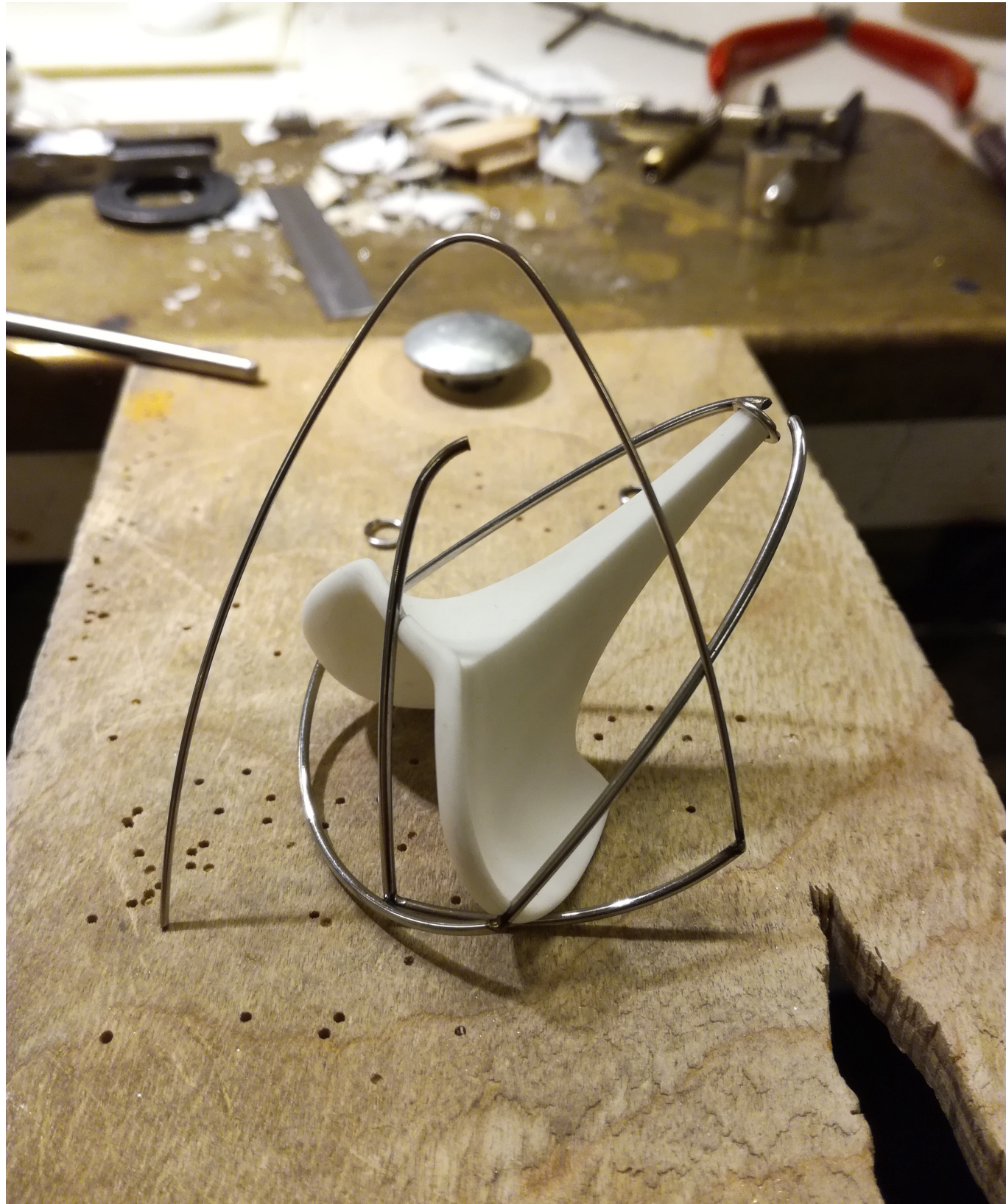
Seuraava aukeama:

Metallirungon kiinnittäminen kappaleeseen. Suunnittelin rakenteen niin, että vain viimeinen hitsaus täytyy tehdä silloin, kun runko on kiinni keramiikkaosassa. Muuten osat hitsataan kokoon erillään keramiikasta.

Sitä seuraavat aukeamat:

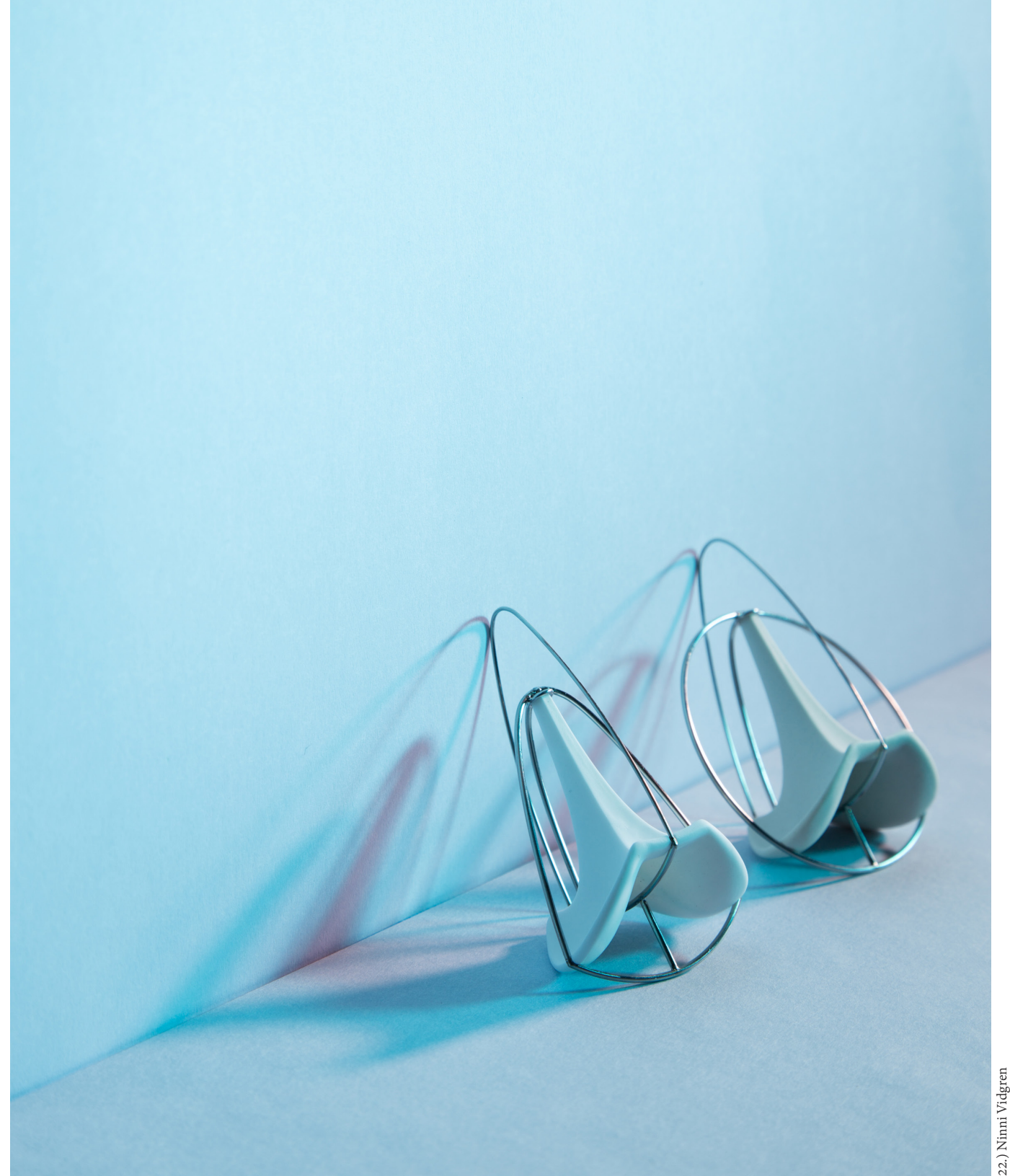
Korvakorujen tuotekuvat. Kuvaajana Ninni Vidgren.







21.) Nimmi Viégren



22.) Nimmi Viégren





23.) Nimmi Viégren



24.) Nimmi Viégren



25.) Nimmi Viégren



26.) Nimmi Viégren



27.) Nimmi Viigren

# Jatkokehittely







# Arvionti ja päätelmät

Mielestäni täytin tälle opinnäytetyölle asettamani tavoitteet. Erityisen tyytyväinen olen korusarjan lopulliseen ulkonäköön ja sen toimivuuteen. Asettamani tavoitteet sille oli suunnitella kevyt, ilmava ja samalla kaupallinen ja helposti tuotettava koru, jossa käytetään keramiikkaa. Ensimmäiset kaksi tavoitetta täyttyivät mielestäni täysin. Koska valmistamani kaksi paria korvakoruja ovat vielä prototyyppisiä, valmistustapaa pitää vielä hioa ja yksinkertaistaa, mutta uskon, että sekin on täysin mahdollista. Jo nyt noita kahta paria valmistaessani aloin huomata kohtia, mitä voin parantaa ja siten helpottaa ja nopeuttaa valmistusprosessia. Aion jatkossa kehittää korusarjaa eteenpäin riipuksen ja rintakorun muodossa, mutta myös sormus ja kalvosinnapit sekä pienemmät variaatiot kaikista edellisistä ovat työn alla.

Materiaaliin liittyvän tutkimuksen ja tiedonhaun ansiosta minulle avautui todella paljon erilaisia mahdollisuuksia ja ideoita, mitä voin työstää ja tutkia myös tulevaisuudessa. Koen, että tällä tutkimuksella raapaisin vain pintaa mitä tulee uusiin ja jo käytössä oleviin materiaaleihin. Eritoten hammaslääketieteessä jo käytössä olevat keraamiset materiaalit ovat erittäin mielenkiintoisia ja haluaisinkin päästä kokeilemaan tulevissa projekteissa. Myös Formlabs:in tänä vuonna julkaistava tulostettava keraaminen materiaali kiinnostaa minua todella paljon ja odotankin, milloin se on saatavilla.

Kun katson sitä kehitystä, jota on tapahtunut tämän opinnäytetyön puitteissa, en voi olla kuin tyytyväinen. Vaikka suuren osan materiaalitutkimusta käsittäneet materiaalikokeilut eivät onnistuneet huonon valmistautumisen ja tietämättömyyteni johdosta, näen kuitenkin onnistunutta työtä tärkeämpänä oppimisprosessin, minkä olen käynyt läpi tämän projektin aikana.

# Kiitokset

Ohjaava opettaja Pekka Koponen

Opponentti Elina Honkanen

Keramiikkaopettaja Kimmo Kukkonen

Kuvaaja Ninni Vidgren

Mallit Marjut ja Toivo

# Lähteet

- Jylhä-Vuorio, H. 2002. Keramiikan Materiaalit. Saarijärvi. Gummerus Kirjapaino Oy
- Mattison, S. 2003. Keramiikka, materiaalit - tekniikat - työvälineet. Jyväskylä. Atena Kustannus Oy
- Lefteri, C. 2003. Ceramics, Materials for inspirational design. Mies, Switzerland. A RotoVision Book
- Etälukio. Keraamit, Etälukion artikkeli. viitattu 29.3.2017. saatavissa: <http://www02.oph.fi/etalukio/opiskelumodulit/kemia/kemia3/keraami.html>
- Tampereen teknillinen yliopisto, materiaaliopin laitos. 2005. Luentomateriaalit, Keraamit. viitattu 22.3.2017. saatavissa: [http://www.ims.tut.fi/vmv/2005/vmv\\_4\\_3\\_1.php](http://www.ims.tut.fi/vmv/2005/vmv_4_3_1.php)
- KYOCERA Corporation. Fine ceramic production process, how to make a fine ceramic knife. viitattu 5.4.2017. saatavissa: <http://global.kyocera.com/fcworld/first/process2.html>
- Formlabs, Inc. 2017. viitattu 5.4.2017. saatavissa: <https://formlabs.com/materials/form-x/>
- Tornberg, E. 2017. Isopomo. Hammassampo Oy. haastattelu 1.3.2017
- Intodental. 2014. Into jyräintäkeskus -esite. viitattu 5.4.2017. saatavissa [http://intodental.fi/images/pdf/Into\\_JK\\_3.pdf](http://intodental.fi/images/pdf/Into_JK_3.pdf)
- Elysee Denatl. 2015. Kruunut ja sillat, Ominaisuudet, edut ja käyttöalueet -esite. viitattu 5.4.2017. saatavissa: <http://elysee-dental.fi/wp-content/uploads/2015/11/Kruunut-ja-sillat-FI.pdf>
- Hammaslaboratorio Lindent Oy. 2016. Materiaalit. viitattu 31.3.2017. saatavissa: <http://www.lindent.fi/sivut/materiaalit>
- Hammassampo Oy. viitattu 6.4.2017. saatavissa: <http://hammassampo.fi/yritys/>
- Matinlinna, J. 2008. Zirkonia, zirkoni, zirkoniumoksidi, zirkoniumdioksidi vai zirkonium? -artikkeli. käyetty 3.4.2017. saatavissa: <http://www.hammasteknikko.fi/tiedostot/Zirkonia.pdf>
- Schutz Dental GmbH. 2005. Tizian, Titanium and zirconium oxide ceramics -ohjevihkonen. Rosbach, Germany
- Rolf Dorset. 2007. Kullantekijästä savenvalajaksi, Tieteen kuvalehti Historia, artikkeli. viitattu 10.4.2017. saatavissa: [https://white-album.s3.amazonaws.com/files/HIFI\\_13\\_0656\\_porcelaen.indd](https://white-album.s3.amazonaws.com/files/HIFI_13_0656_porcelaen.indd)



# Kuvalähteet

**Kaikki kuvat, joissa ei ole numero- tai lähdemerkintää, ovat tekijän itse ottamia.**

- 1.) viitattu 5.4.2017, saatavissa <http://watchesbysjx.com/wp-content/uploads/2016/09/Rado-Ceramica-Konstantin-Grcic-2.jpg>
- 2.) viitattu 27.3.2017, saatavissa [http://www.thekitchn.com/kyocera-ceramic-chefs-knife-and-utility-knife-product-review-190540?utm\\_source=pinterest](http://www.thekitchn.com/kyocera-ceramic-chefs-knife-and-utility-knife-product-review-190540?utm_source=pinterest)
- 3.) viitattu 21.3.2017, saatavissa <http://www.bearing-needle.com/images/siliconNitrideRolls.jpg>
- 4.) viitattu 21.3.2017, saatavissa <http://www.dentalartslab.com/products-services/implant-prosthetics/fixd-implant-prosthetic-services/>
- 5.) viitattu 21.3.2017, saatavissa <https://sc01.alicdn.com/kf/HTB1Sgn8KFXXXXaIXpXXq6xXFXXXg/ZrO2-precision-processed-zirconia-ceramic-coil-spring.jpg>
- 5.5.) viitattu 9.4.2017, saatavissa [http://www.spenceandlyda.com.au/page/58/Lyngby\\_Porcelean.html](http://www.spenceandlyda.com.au/page/58/Lyngby_Porcelean.html)
- 6.) viitattu 24.3.2017, saatavissa <http://lucatripaldi.com/wp-content/uploads/home.jpg>
- 7.) viitattu 23.3.2017, saatavissa <https://www.visi.co.za/designers-we-love-elizabeth-van-der-merwe/>
- 8.) viitattu 23.3.2017, saatavissa <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/564x/2a/ed/62/2aed62ffb7d0e164b9a1309d749b64bc.jpg>
- 9.) viitattu 21.3.2017, saatavissa [https://mir-s3-cdn-cf.behance.net/project\\_modules/disp/a0bc1337509803.56066db3d8249.jpg](https://mir-s3-cdn-cf.behance.net/project_modules/disp/a0bc1337509803.56066db3d8249.jpg)
- 10.) viitattu 21.3.2017, saatavissa <https://www.peterhoogeboom.nl/remake>
- 11.) viitattu 24.3.2017, saatavissa <http://www.llad.se/gallery1.html>
- 12.) viitattu 27.3.2017, saatavissa <https://karkkikauppa.wtf/design-shop/vee-porcelain-necklace-laura-meriluoto>
- 13.) viitattu 24.3.2017, saatavissa <http://www.juliavollmann.com/?p=60>
- 14.) viitattu 24.3.2017, saatavissa <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/e9/7b/8e/e97b8e01f7d7b72d7c06fb9813c949f2.jpg>
- 15.) viitattu 23.3.2017, saatavissa <http://www.llad.se/gallery3b.html>
- 16.) viitattu 28.3.2017, saatavissa [https://www.taffin.com/gallery-1?lightbox=image\\_txq](https://www.taffin.com/gallery-1?lightbox=image_txq)
- 17.) viitattu 28.3.2017, saatavissa <https://www.taffin.com/gallery-1?lightbox=dataItem-io36pxtb1>
- 18.) viitattu 26.3.2017, saatavissa <http://intodental.fi/tuotteet?catid=0&id=24>
- 19.) viitattu 9.4.2017, saatavissa [https://www.google.fi/search?q=ceramic+watch&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwia5c7xmpfTAhUIDZoKHa3nCiIQ\\_AUICCGb&biw=1920&bih=971](https://www.google.fi/search?q=ceramic+watch&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwia5c7xmpfTAhUIDZoKHa3nCiIQ_AUICCGb&biw=1920&bih=971)
- 20.) viitattu 20.3.2017, saatavissa <http://www.sommella.com/semai>
- 21.) viitattu 8.4.2017, kuvaaja Ninni Vidgren
- 22.) viitattu 8.4.2017, kuvaaja Ninni Vidgren
- 23.) viitattu 8.4.2017, kuvaaja Ninni Vidgren
- 24.) viitattu 8.4.2017, kuvaaja Ninni Vidgren
- 25.) viitattu 8.4.2017, kuvaaja Ninni Vidgren
- 26.) viitattu 8.4.2017, kuvaaja Ninni Vidgren
- 27.) viitattu 8.4.2017, kuvaaja Ninni Vidgren

# LIITE 1.

	Pallo Ø 48,3 mm			Kuutio 50,4 mm x 50,4 mm x 50,4 mm			Laatta 99 mm x 38,7 mm x 7,8 mm		
	Kuivumiskutistuma	1. poltto	2. poltto	Kuivumiskutistuma	1. poltto	2. poltto	Kuivumiskutistuma	1. poltto	2. poltto
Keracast	47,6 mm	47,5 mm	43,5 mm	49,4 mm	49,3 mm	44,7 mm	96,2 mm x 37,7 mm x 7 mm	96,2 mm x 37,7 mm x 7 mm	87,3 mm x 33,6 mm x 6,2 mm
Paperisavi 2	----	----	----	49,5 mm	49,2 mm	43,5 mm	97 mm x 37,8 mm x 4,8 mm	97 mm x 37,8 mm x 4,8 mm	86 mm x 33,3 mm x 3,8 mm
Paperisavi 3	47,2 mm	47 mm	42,3 mm	48,7 mm	48,5 mm	43,3 mm	95,8 mm x 37,4 mm x 8 mm	95,7 mm x 37,3 mm x 7,9 mm	85 mm x 33,1 mm x 6,7 mm
Paperisavi 4	47,6 mm	47,5 mm	42,7 mm	49,2 mm	49,2 mm	43,9 mm	96,4 mm x 37,7 mm x 6,6 mm	96,3 mm x 37,7 mm x 6,6 mm	85,5 mm x 33,4 mm x 5,6 mm
Kaoliini 1	47,3 mm	47 mm	42,5 mm	49 mm	49 mm	44,3	96 mm x 37,6 mm x 6,4 mm	96 mm x 37,5 mm x 6,6 mm	86,4 mm x 33,3 mm x 5,7 mm
Kaoliini 2	47,3 mm	47 mm	43 mm	49 mm	48,8 mm	44	96,2 mm x 37,6 mm x 6,5 mm	95,9 mm x 37,5 mm x 6,3 mm	86,5 mm x 33,4 mm x 5,4 mm
Kaoliini 3	47,3 mm	47,2 mm	42,7 mm	48,9 mm	48,7 mm	43,7 mm	95,9 mm x 37,5 mm x 6,9 mm	95,7 mm x 37,4 mm x 6,9 mm	85,5 mm x 33,3 mm x 5,9 mm
Flintti 1	47,9 mm	47,4 mm	43 mm	49 mm	49 mm	44 mm	96,5 mm x 37,7 mm x 7,3 mm	96,4 mm x 37,7 mm x 7,3 mm	86,7 mm x 33,8 mm x 6,2 mm
Flintti 2	47,2 mm	47,2 mm	42,7 mm	48,8 mm	48,8 mm	44mm	96,1 mm x 37,6 mm x 7,3 mm	96,1 mm x 37,6 mm x 7,3 mm	86 mm x 33,8 mm x 6,3 mm
Flintti 3	47,3 mm	47,3 mm	42,7 mm	48,8 mm	48,8 mm	44 mm	96,2 mm x 37,6 mm x 6,6 mm	96,2 mm x 37,6 mm x 6,6 mm	86,1 mm x 33,9 mm x 5,7 mm
molokiitti	48 mm	48 mm	----	49,6 mm	49,6 mm	44,8 mm	97 mm x 38 mm x 5,5 mm	97 mm x 38 mm x 5,5 mm	87,3 mm x 34,1 mm x 4,9 mm

## Keracast

Aivan ensimmäiseksi valoin koekappaleet puhtaasta Keracast:ista vertailuarvoksi muille seoksille. Käytin samaa 14 minuutin valuaikaa kuin useimmilla muillakin massoilla, jotta tulokset olisivat mahdollisimman luotettavia.

Seoksen kuivumis- ja polttokäyttäytyminen

Laatta kuivuessa taipui pituussuunnassa hieman ylöspäin  
Pallo ja kuutio hyvät  
lasitteet normaali  
pinta hyvä



## Paperisavi 1.)

500 g keracast valusaviliete

12 g kuivaa paperikuitumassaa, jossa 48 g vettä sekoituksen helpottamiseksi

-> lisään 22 g paperikuitumassaa

-> lisään 80 g vettä

-> lisään 50 keracast valusavilietettä

= 712 g paperikuitusavea

Seos oli edelleen liian jäykkää, jolloin se oli erittäin vaikeaa saada muotista ulos 13 minuutin jälkeen. Annoin kappaleiden kuitenkin kuivua muoteissa, otin niistä leikkauskuvat ja sekoitin ne uudestaan jäljellä olevaan massaan. Lisäsin muotin imemän veden (n.150 g) sekä hieman lisää (n.40 g) tehdäkseeni massasta juoksevamman. Nyt massaa oli 750 g

## Paperisavi 2.)

750 g paperisavi 1

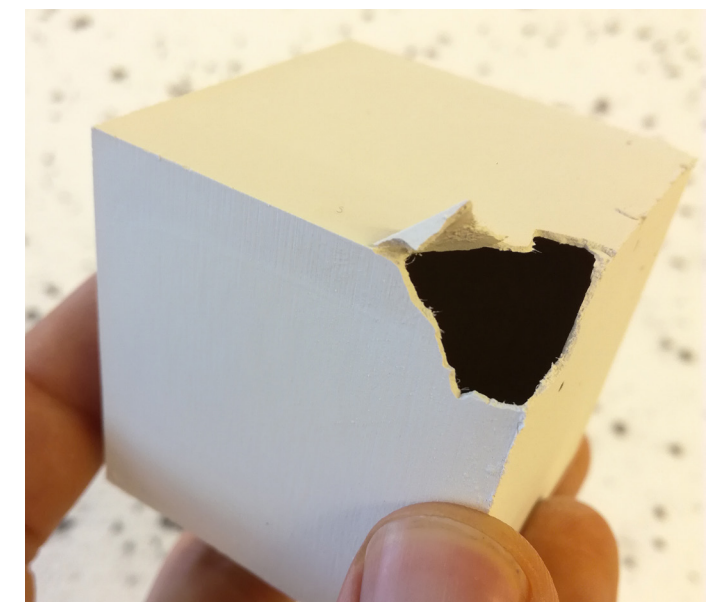
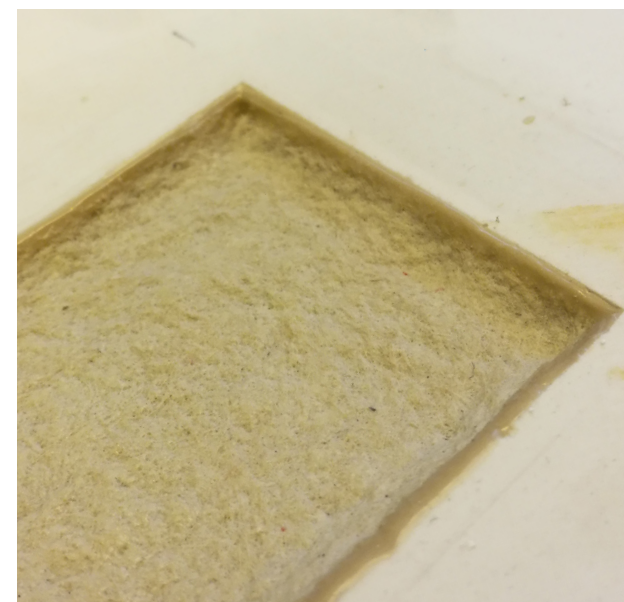
100 g keracast

60 g vettä

= 910 g massaa, jossa paperikuitua 34 g eli n. 3,7 % kokonaismassasta

Tein valun kaikkiin muotteihin ja otin ajaksi 13 minuuttia ennen kuin tyhjensin umpimuotit. Ajattelin, että kuitu nopeuttaa kuivumista, koska edellisellä massalla seos käytännössä jämähti muotteihin. Tällä kertaa seosta täytyi lisätä muotteihin useaan kertaan, koska massa kutistui niin paljon. Avomuotissa, missä valoin laatan, täyttökaadosta huolimatta kutistuvuuden näki selvästi, kun valun pinta painui reilusti alemmas kuin reuna, mikä ehti kovettua ennen keskustaa. (viivapiirros kuivumisen etenemisestä)

Avattuani muotit huomasin, että ajatukseni nopeasta kuivumisesta oli täysin väärä. Pallo repeytyi kahteen osaan, koska oli vielä muotissa kiinni hitaan kuivumisen takia. Kuution sain sentään irti ehjänä, mutta siinä seinämävahvuus oli aivan liian ohut, n. 1,5 mm.



## Paperisavi 3.)

Sattumalta muistin, että valusaven litrapainolla on suhteellisen paljon merkitystä massan käyttäytymiseen. Keracast valusavella sen pitäisi olla 1790 g -1800 g / litra ja ajattelin, että koska käytän pohjana samaista massaa, myös minun seokseni tulisi olla lähellä tuota samaa suhdetta. (Suullinen tiedonanto, Kerasil myymälä Ruoholahti, 9.2.2017) Paperisavi 2 litrapaino oli 1467 g /litra, joten siinä oli aivan liikaa vettä, mistä johtui luultavasti myös edellisen kaadon suuri kutistuminen. Seos oli siis niin laiha, että vaikka muotti imi paljon nestettä, seinämästä tuli siltikin liian ohut.

Saadakseni litrapainon kohdalleen aloin lisätä Keracast valusavea. Tajusin kuitenkin nopeasti, että tuhlaan materiaalia, koska massaa oli jo niin paljon, että saadakseni litrapainon oikeaksi minun tulisi lisätä valusavilietettä erittäin paljon.

$$973 \text{ g} / 600 \text{ ml} = 1562 \text{ g} / \text{L}$$

Siispä otin massasta puolet, johon aloin lisätä kuivaa Keracast valusavilietettä, jolloin nesteen määrä seoksessa ei lisääntyisi.

$$468,5 \text{ g} / 300 \text{ ml} = 1562 \text{ g} / \text{L}$$

$$> 694 \text{ g} / 400 \text{ ml} = 1735 \text{ g} / \text{L}$$

$$> 723 \text{ g} / 410 \text{ ml} = 1763 \text{ g} / \text{L}$$

$$> 770 \text{ g} / 430 \text{ ml} = 1790 \text{ g} / \text{L}, \text{ josta paperikuitua } 12 \text{ g eli } 1,6 \% \\ \text{kokonaismassasta}$$

Tässä vaiheessa seos muistutti vohvelitaikinaa eli se oli liian paksua. Jätin seoksen oleilemaan muutamaksi tunniksi ja sekoitin sen uudestaan.

Tein koevalut ja annoin seoksen olla umpimuoteissa 15 minuuttia. Kaato oli aika hidas, koska massa oli edelleen liian jäykkää ja muotin tyhjentäminen oli liki mahdotonta, joten jouduin auttamaan massan valumista tikulla valuaukosta tökkimällä. Hidas kaato näkyikin kappaleissa, kun sain muotin auki. (kuva). Sekä kuutio että pallo painoivat paljon enemmän kuin normaalisti, joten pystyin päättelemään, että seinämävahvuus oli aivan liian paksu.



# Seoksien kuivumis- ja polttokäyttäytyminen

Paperi 2.) Laatta pysyi kuivuessa täysin suorassa  
Muottipinta hyvä, vapaa yläpinta paperisen epätasainen  
Kuutio pysyi muodossaan erittäin ohuesta seinämästä huolimatta  
Laatta hieman valahti/painui kaarelle lasituspoltossa ja vielä lisää 1280 °C  
lasitteet ok  
Reiät pyöreät  
Väri normaali Keracast (kuva 1)

Paperi 3.) Laatta kuivuessa käyristyi hieman leveys- sekä pituussunnassa ylöspäin  
Pysyi käyränä lasituspoltossa, mutta painui/valahti suoraksi 1280 °C  
Tasaiset ja sileät pinnat  
Kuutio pysyi erittäin hyvin muodossaan (paksut seinämät)  
lasitteet ok  
Reiät pyöreät  
Väri normaali Keracast (kuva 2)

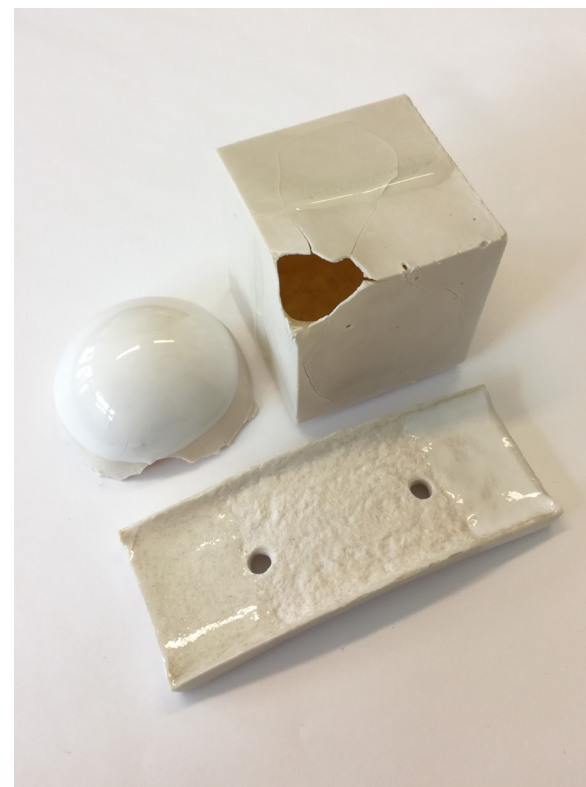
Paperi 4.) Laatta kuivuessa käyristyi alle 1 mm leveyssuunnassa  
ja pari millia pituussunnassa ylöspäin  
Valahti/painui hieman suuremmaksi lasituspoltossa ja suoraksi  
1280 °C  
Kuutio ja pallo erittäin hyvin muodossaan  
lasitteet ok  
Reiät pyöreät  
Väri normaali Keracast (kuva 3)

# Paperisavi 4.)

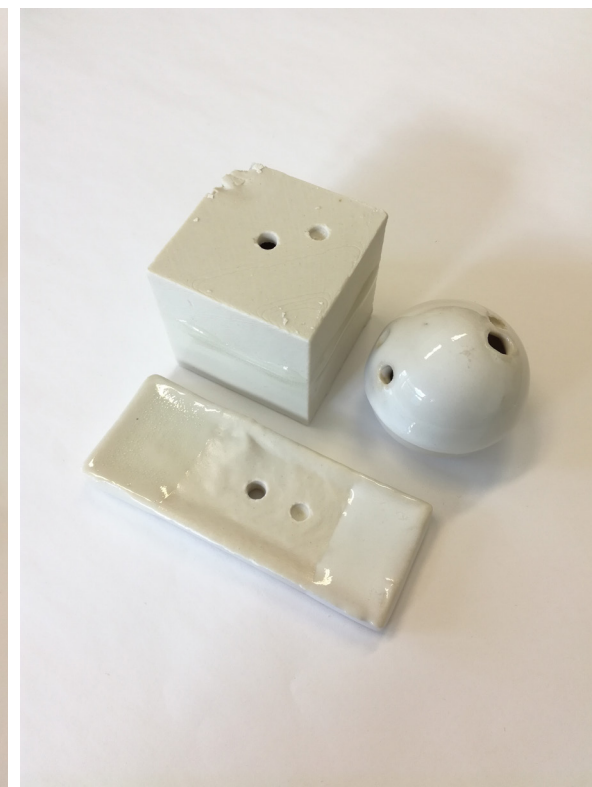
En enää jatkanut vanhaa paperiseosta, kuten edellä, vaan tein kokonaan uuden. En tiedä oliko edellisen seoksen 1,6 % paperikuitua liian paljon vai vaikuttiko monet eri sekoituskerrat ja seoksen yhä uudestaan jatkaminen seosta huonontavasti, mutta laskin kuidun osuutta vielä entisestään 1 %:in

373 g (200 ml) Keracast valusaviliete  
3,73 g kuiva paperikuitu

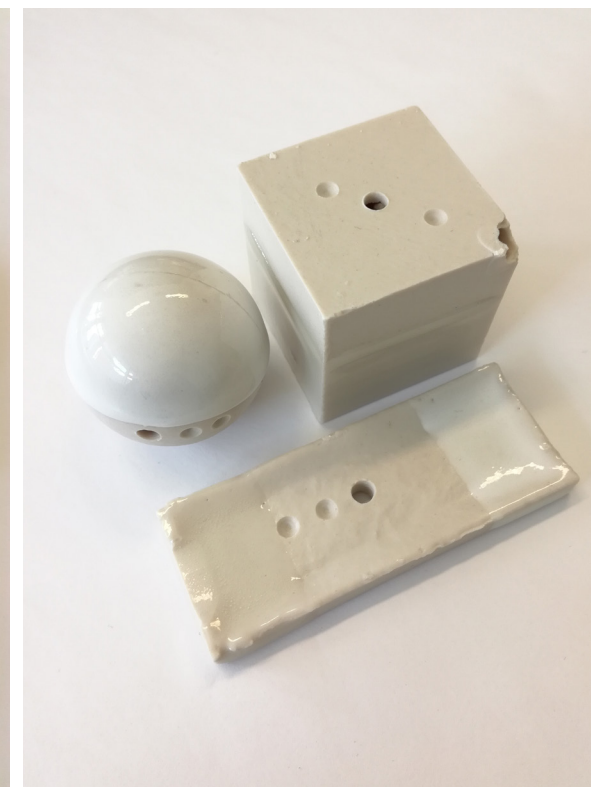
Seos toimi kuten normaali Keracast valusavi eikä valussa ollut mitään ongelmia. 14 minuutin valulla sain seinämästä tavoittelemani 2-3 mm paksun.



1.)



2.)



3.)

## Kaoliini 1.)

373 g (200 ml) Keracast valusaviliete  
15 g super standard porcelain kaoliini  
15 g vesi

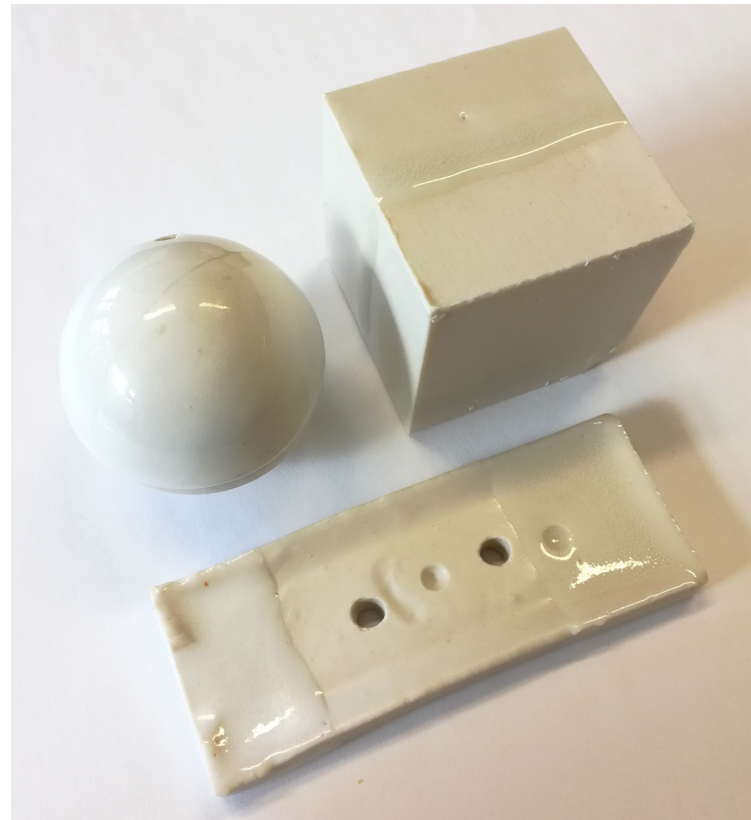
## Kaoliini 2.)

373 g (200 ml) Keracast valusaviliete  
25 g super standard porcelain kaoliini  
25 g vesi

## Kaoliini 3.)

373 g (200 ml) Keracast valusaviliete  
35 g super standard porcelain kaoliini  
35 g vesi

Sekoitin ainekset porakoneella, imin seoksesta ilmat pois vakuumikoneessa ja annoin asettua vuorokauden. Valoin testikappaleet ja seokset käyttäytyivät valettaessa aivan kuten normaali Keracast.



2.)



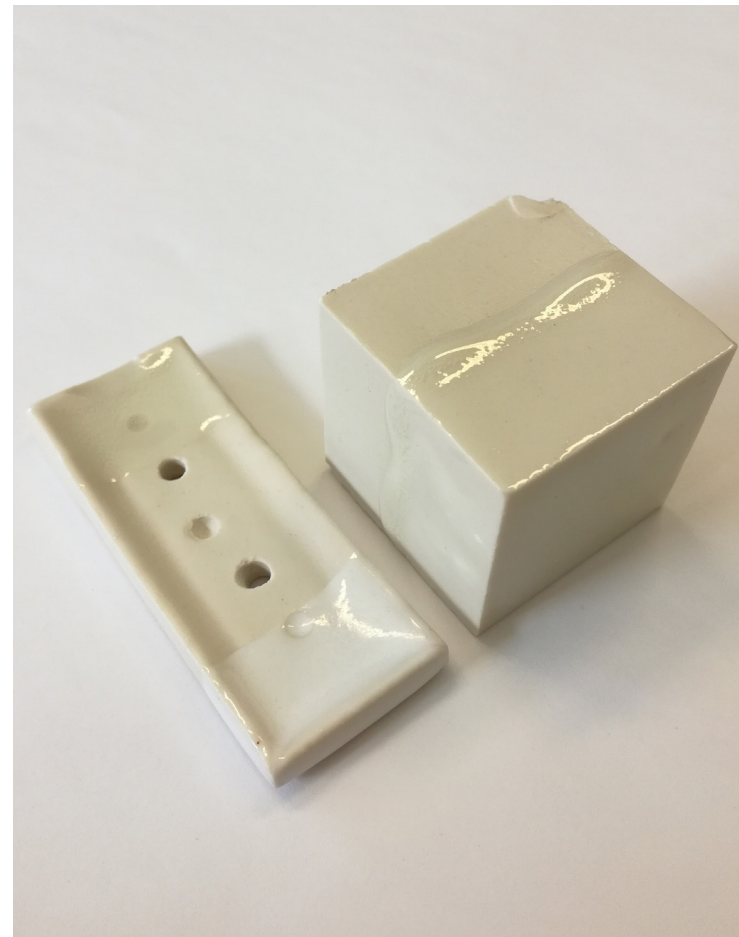
1.)

## Seoksien kuivumis- ja polttokäyttäytyminen

Kaoliini 1.) Laatta kuivuessa vääntyi pituus- sekä leveyssuunnassa ylöspäin  
Pysyi käyränä lasituspoltoissa, mutta painui/valahti suoraksi 1280 °C  
kutistui lasituspoltoissa keskeltä, missä ei lasitetta ja painoi reiät soikeiksi  
Pallo erittäin hyvä  
Kuution sivut hieman painuivat sisäänpäin  
pinnat hyvät  
lasitteet ok  
laatan reiät soikeita ja revenneet laatan leveyssuunnassa  
väri normaali Keracast (kuva 1)

Kaoliini 2.) laatta kuivuessa vääntyi mutkalle pituussuunnassa sekä ylös että sivulle  
ja hieman leveyssuunnassa ylöspäin  
Pysyi käyränä lasituspoltoissa, mutta painui/valahti suoraksi 1280 °C  
pallo erittäin hyvä  
Kuution sivut hieman painuivat sisäänpäin  
pinnat hyvät  
lasitteet ok  
laatan reiät hieman soikeita  
väri normaali Keracast (kuva 2)

Kaoliini 3.) Laatta kuivuessa vääntyi pituussuunnassa sivulle sekä ylös ja hieman leveyssuunnassa ylöspäin  
Pysyi käyränä lasituspoltoissa, mutta taipui keskeltä suoraksi 1280 °C  
Rikoin pallon, joten siitä ei ole yksityiskohtia  
Kuution sivut aika reilusti kuopalla  
Lasitteet ok  
Reiät pyöreitä  
Väri normaali Keracast



## Flintti 1.)

373 g (200 ml) Keracast valusaviliete  
15 g flintti  
15 g vesi

## Flintti 2.)

373 g (200 ml) Keracast valusaviliete  
30 g flintti  
30 g vesi

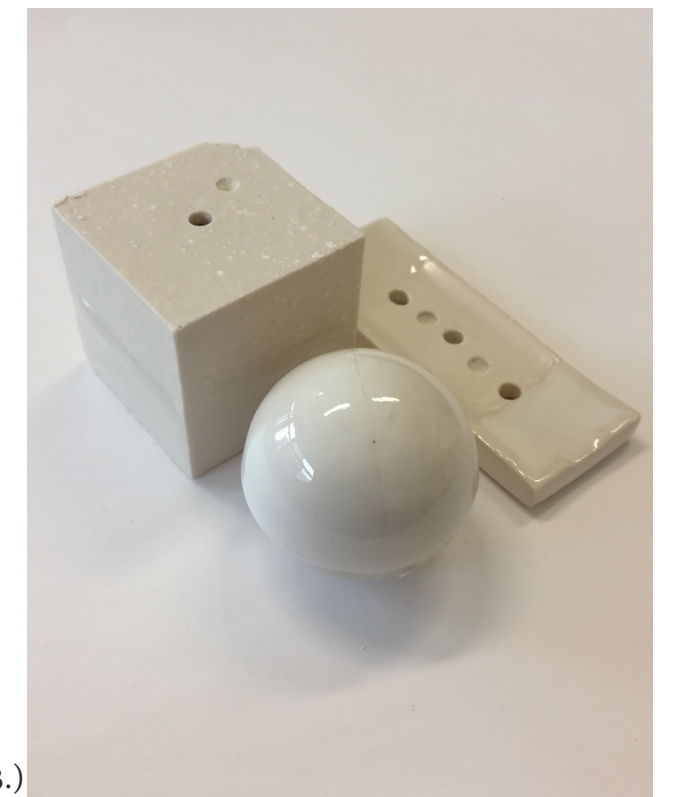
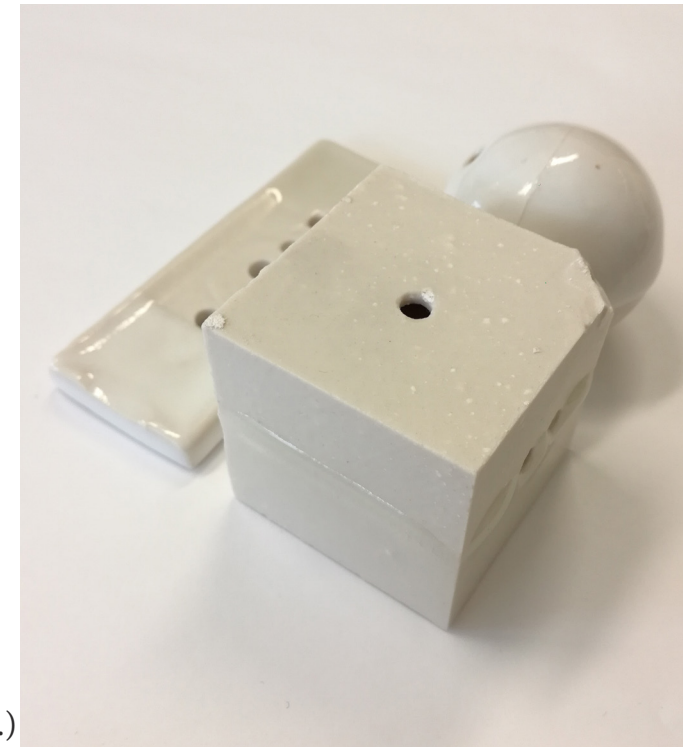
## Flintti 3.)

373 g (200 ml) Keracast valusaviliete  
45 g flintti  
45 g vesi

Sekoitin ainekset porakoneella, imin seoksesta ilmat pois vakuumikoneessa ja annoin asettua vuorokauden. Flintti sakkaantui pohjalle, joten seoksen huolellinen sekoittaminen ennen valua oli tärkeää. Aloin valaa testikappaleita ja huomasin, että muottia tyhjentäessä ylimääräistä massaa oli vaikea saada muotista ulos. Siispä suurensin valuaukkoa reilusti, jotta saisin halutun seinämävahvuuden. Tästä huolimatta 14 minuutin valuajalla nro 2. ja nro 3. seoksilla seinämästä tuli hiukan liian paksu.

# Seoksien kuivumis- ja polttokäyttäytyminen

- Flintti 1.) Laatta kuivuessa vääntyi pituus- ja leveysuunnassa hieman ylöspäin  
Pallo hyvä  
Kuution seinämät hieman kuopallaan  
Pinnat aavistuksen lasimaisen kiiltävät ja täynnä valkoisia ”hiutaleita”.  
(flintti ei sekoittunut kunnolla vaan jäi pieniksi möykyiksi materiaaliin)  
Lasitteet ok  
Reiät pyöreitä  
väri Normaali Keracast hiutaleita lukuun ottamatta (kuva 1)
- Flintti 2.) Laatta kuivuessa vääntyi vain leveysuunnassa hieman ylöspäin  
Pallo hyvä  
Kuution seinämät hieman kuopallaan  
Pinnat aavistuksen lasimaisen kiiltävät ja täynnä valkoisia ”hiutaleita”.  
(flintti ei sekoittunut kunnolla vaan jäi pieniksi möykyiksi materiaaliin)  
Lasitteet ok  
Reiät pyöreitä  
väri Normaali Keracast hiutaleita lukuun ottamatta (kuva 2)
- Flintti 3.) Laatta kuivuessa vääntyi pituus- ja leveysuunnassa hieman ylöspäin  
Pallo hyvä  
Kuution pinnat suoria  
Pinnat aavistuksen lasimaisen kiiltävät ja karheat, koska täynnä valkoisia ”hiutaleita”  
(flintti ei sekoittunut kunnolla vaan jäi pieniksi möykyiksi materiaaliin)  
lasitteet ok  
reiät pyöreitä  
väri Normaali Keracast hiutaleita lukuun ottamatta (kuva 3)





Kaikki edellä luetellut paperi-, kaoliini- sekä flinttiseokset toimivat suunnilleen samalla tavalla kuin alkuperäinen Keracast pieniä eroavaisuuksia lukuun ottamatta. Koska kokeilut eivät näin ollen saavuttaneet kumpaakaan niille asetettua tavoitetta, eli pienempää kutistumisprosenttia ja valkoista väriä, päätin vielä kokeilla suurentamalla kaoliinin ja flintin osuutta seoksista. Tein siis kaksi seosta jatkamalla vanhoja kaoliini- ja flinttisekoitusten jäämiä sekä yhden uuden massan, jonka seostin molokiitilla. Koska molokiitti pienentää kuivumiskutistumista, halusin kokeilla, onko sillä merkitystä myös polttokutistumaan.

## Kaoliini 4.)

lopun kaoliini 3. seoksesta 219 g, josta kaoliinia n. 17 g (8,6 % kokonaismassasta)

31 g super standard porcelain kaoliini

= 250 g massaa, josta kaoliinia n. 48 g eli n. 20 % kokonaismassasta

## Flintti 4.)

lopun flintti 3. seoksesta 183 g, jossa flinttiä n. 17 g (10,8 % kokonaismassasta)

25 g flintti

= 208 g massaa, josta flinttiä n. 42 g eli n. 20 % kokonaismassasta

## Molokiitti 1.)

373 g (200 ml) Keracast valusaviliete

37,3 g molokiitti 200 mesh

40 g vesi

Sekoitin massat porakoneella, imin niistä ilmat pois vakuumikoneessa ja jätin asettumaan vuorokaudeksi. Kaoliini- ja molokiittiseokset vaikuttivat oikein hyviltä, mutta flinttiseos sakkaantui astian pohjalle ja sekoitettaessa näkyi samanlaista valkoista purua, mitä edellisissä flinttikokeiluissa näkyi lasituspolton jälkeen kappaleiden pinnassa.

Siivilöin flinttiseoksen 80 mesh tiheän verkon läpi ja sen jälkeen se näytti täysin tasaiselta ja hyvältä valumassalta. Tein sillä 12 minuutin ja kaoliiniseoksella 11 minuutin valun ”Bewel” -riipusmuottiin. Molokiittiseoksella tein 14 minuutin valun sekä pallo-, kuutio- että laattamuottiin. Kaoliiniseos oli hieman jäykkä eikä meinannut tulla muotista ulos, mutta flintti- ja molokiittiseokset toimivat aivan normaalisti.

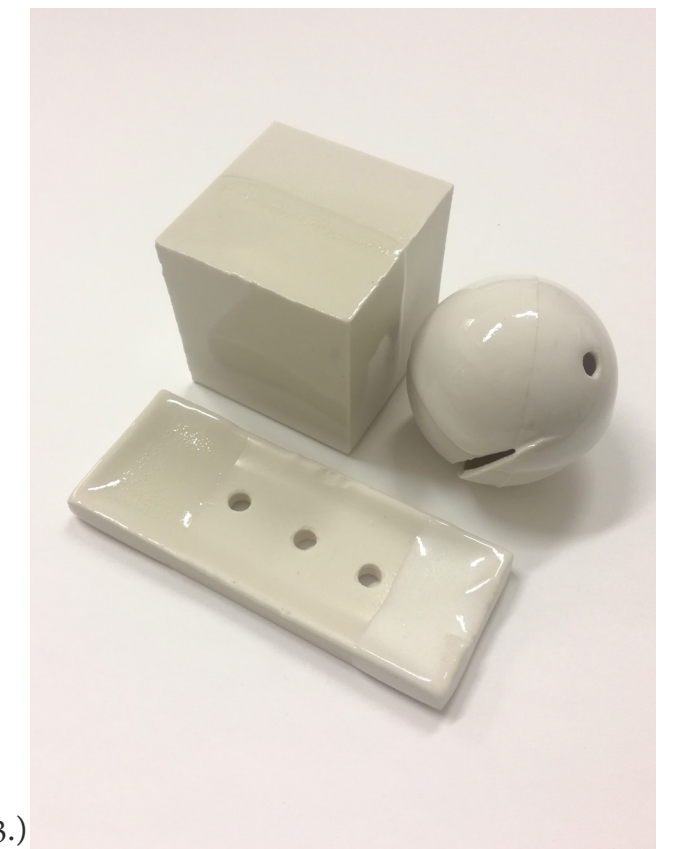
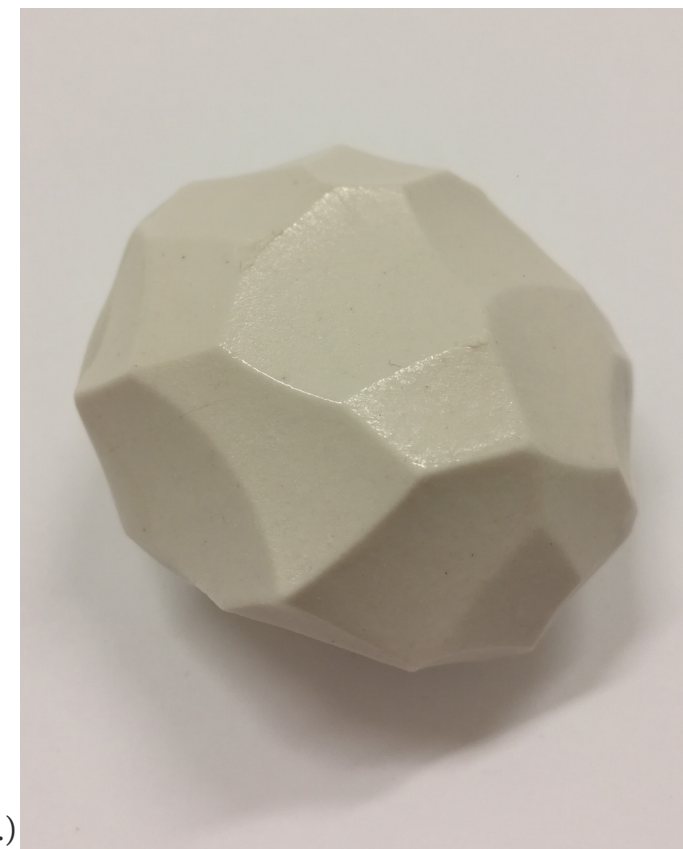
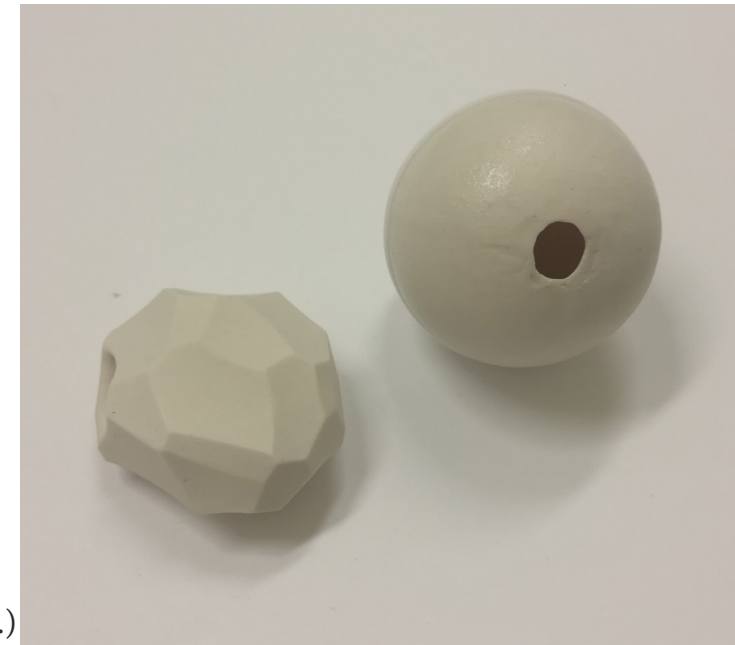
En mitannut viimeisien kaoliini- ja flinttiseosten kutistumista, koska edellisten seosten perusteella uskalsin olettaa, ettei sillä ole merkitystä, sillä eri seosten väliset erot olivat olleet niin mitättömiä. Näiden kahden lisäseoksen tarkoitus oli katsoa, josko aineen prosentuaalisen määrän kasvattaminen reilusti vaikuttaisi halutulla tavalla eli valkeammalla värillä. Molokiittiseoksella tehdyt valut mittasin normaalisti.

# Seoksien kuivumis- ja polttokäyttäytyminen

kaoliini 4.) Kappaleet pysyivät muodossaan  
Seos toistaa erittäin tarkasti kaikki muotin muodot  
pinta tuntuu sormissa hieman karhealta  
lasitteet ok  
aavistuksen valkoisempi kuin normaali Keracast (kuva 1)

Flintti 4.) kappale pysyi muodossaan  
pinta voimakkaasti lasimaisen kiiltävä, kuin erittäin ohut kirkas lasite päällä,  
näky erityisesti särmissä  
kappaleessa useita halkeamia  
lasitteet ok  
väri normaali Keracast (kuva 2)

Molokiitti 1.) Laatta kuivuessa taipui hieman pituussuunnassa ylöspäin, mutta pysyi  
muuten täysin suorassa. Pysyi hieman kaarella myös lasituspoltoissa ja 1280 °C  
pudotin pallon ennen lasituspoltoa, se halkesi hieman ja vääntyi poltoissa, jolloin en  
voinut mitata sitä.  
Kuutio erittäin suora ja tarkka  
pinnat tasaiset ja hyvät  
lasitteet ok  
reiät pyöreät  
väri normaali Keracast (kuva 3)



# Kuparioksidiseokset

Tein aluksi kaksi oksidiseosta, koska en tiennyt yhtään, minkälaiset määrät oksidia seoksessa vaikuttavat milläkin tavalla. Tein 13 minuutin valut pallomuottiin enkä mitannut kuivumiskutistuvuutta, koska ominaisuus, jota hain näillä seoksilla oli ainoastaan materiaalin sulaminen. Valitsin sulatteeksi kuparioksidin, koska se toimii sekä sulatteena että väriaineena, myös metalloittuu metalliseksi pinnaksi tietyillä pitoisuuksilla ja oikeassa lämpötilassa.

## Oksidi 1.)

100 g Keracast valusaviliete  
25 g kuparioksidi (20 % lopullisen massan kokonaispainosta)

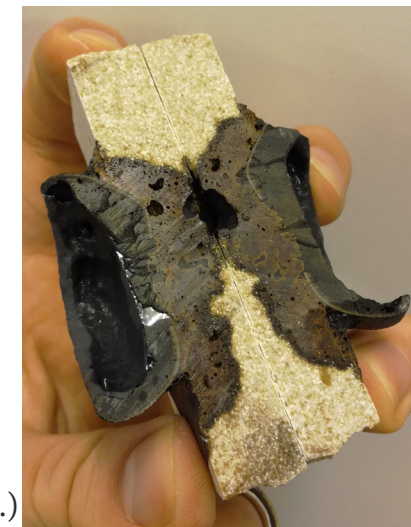
## Oksidi 2.)

100 g Keracast valusaviliete  
11 g kuparioksidi (10 % lopullisesta kokonaispainosta)

Oksidi sekoittui valusaveen helposti eikä paakkuuntunut, mutta painui raskaampana aineksena erittäin helposti pohjalle. Seosta täytyi siis sekoittaa huolellisesti ennen kaatoa. Seokset kuivuivat erittäin hitaasti ja kuivumiskutistuma oli erittäin pieni. Raakapolton jälkeen huomasin oksidin vaikutuksen kappaleisiin. Oksidi 1. seoksesta valettu pallo oli kutistunut silminnähtävästi (kuva 1) ja pinnan väristä saattoi huomata, että muotissa pohjalla ollut puolisko oli saanut paljon enemmän oksidia. Oksidi 2:sta valettu pallo oli suhteellisen tasavärinen.

Lasituspoltossa kappaleet olivat sulaneet täysin. (kuva 2) Oksidi 1. seos oli sulanut jopa uunilevyn läpi ja hieman kiinni vielä sen alla olleeseen uunilevyyn. (kuva 3) Sulamismuodosta kuitenkin näkee, että vähemmän oksidia sisältänyt pallon alapuoli on edelleen pitänyt muotonsa. Läpissulanut kohta oli lasimaisen kova, minkä huomasin, kun leikkasin palan timanttisahalla halki.

Oksidi 2 seoksen pallosta oli huomattavissa pyöreä lähtömuoto, mutta sekin oli lysähtänyt reilusti sekä myös sulanut kiinni uunilevyyn, mutta ei niin pahasti kuin seos 1. (kuva 4) Kummassakin seoksessa oli täysin metallisen oloinen mattapinta ja poikkileikkauksesta voi huomata huokoisen lasinkiiltävän rakenteen. (kuva 5)



Seuraavaksi tein oksidi 2. seosta jatkamalla seoksen, jossa kokonaismassasta kuparioksidia oli 5 %. Jatkoin myös oksidi 1 seosta niin, että sen oksidipitoisuudeksi tuli 10 %. Tätä seosta jatkamalla tein loput kolme seosta, joissa oksidipitoisuudet olivat 2,5 %, 1,25 % ja 0,625 %. Tein kaikilla massoilla 11 minuutin valut pallomuottiin ja ehkäistäkseni kuparioksidin valumista pohjalle pyöritin muottia käsissäni tuon 11 minuuttia kun seos oli muotissa.

## Oksidi 3.)

82 g Oksidi 2.

82 g Keracast valusaviliete (kuva 1)

## Oksidi 4.)

25 g jatkettua oksidi 1. seosta (oksidipitoisuus 10 %)

75 g Keracast valusaviliete (kuva 2)

## Oksidi 5.)

12,5 g jatkettua oksidi 1. seosta (oksidipitoisuus 10 %)

87,5 g Keracast valusaviliete (kuva 3)

## Oksidi 6.)

64 g oksidi 5 seosta (oksidipitoisuus 1,25 %)

64 g Keracast valusaviliete (kuva 4)

Kaikki seokset kuivuivat hitaasti ja myös niissä oli pieni kuivumiskutistuma niin kuin Oksidi 1. ja Oksidi 2. seoksissa. Raakapoltto ei tehnyt mitään huomattavia muutoksia kappaleisiin, mutta lasituspolton jälkeen palloista näki selvästi oksidipitoisuuksien eron. Huolimatta muotin pyörittämisestä valuhetkellä palloihin tuli selvä oksidin laskeutumisesta johtuva liukuväri pallon yläpintaa kohti. Oksidi 6. seoksen palloon ei tullut muita huomattavia muutoksia verrattuna normaaliin Keracast:iin, kuin hieman tummempi väri ja pieni kohouma pallon yläpintaan. Muissa seoksissa taas näki selvemmin kuparioksidin sulattavan ja värjäävän vaikutuksen asteittain lisääntyvän oksidin määrän lisääntyessä.



# LIITE 2.

## Lasiteliimaus 1.

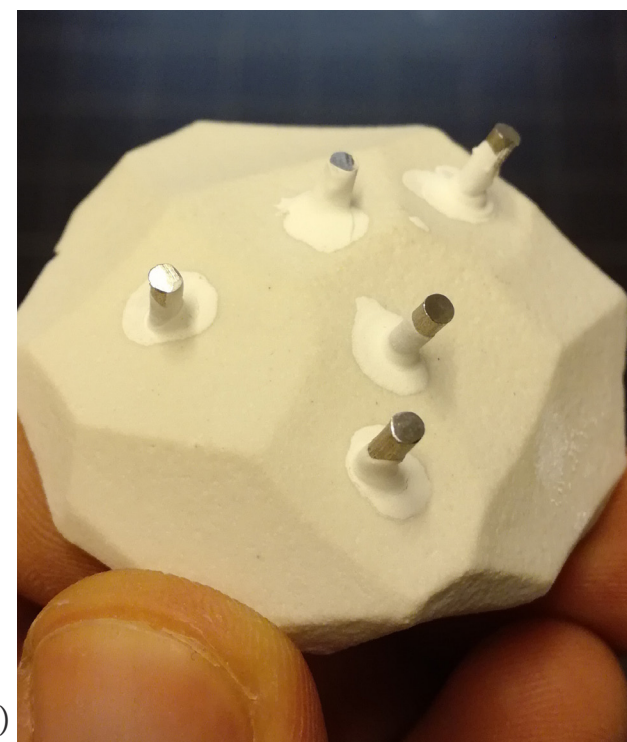
Porasin lasituspoltettuun keramiikkakappaleeseen reikiä, joihin laitoin 2 mm titaanilankaa ja täytin liitoskohdan Kerasil 30275 värittömällä transparentilla lasitteella. (kuva 1) Poltin kokeilun ja titaanilevystä tehtyjä kappaleita emaliuunissa 1100 °C lämpötilaan, missä annoin niiden olla 15 minuuttia ja jäähdytin uunin.

Titaanikappaleiden pintaan oli muodostunut paksu, kova ja keltainen oksidipinta, joka irtosi laattoina metallia taivutettaessa. (kuva 2) Titaani oli muuttunut erittäin kovaksi ja hauraaksi, jolloin 0,6 mm levystä tehty puolipallo murtui kappaleiksi kahdella sormella puristaessa (kuva 3) Mikroskoopilla katsoessa metallissa huomasin selkeät vyöhykkeet lähempänä pintoja ja lasinkiiltävän kiderakenteen, kun se normaalisti titaanissa on matta. (kuva 4)

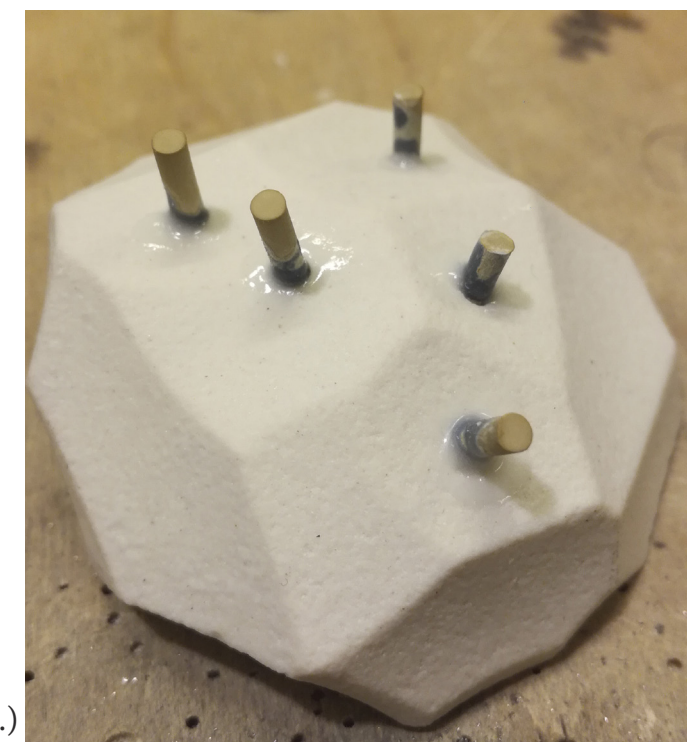
Keramiikkakappaleessa lasite oli sulanut hallitusti ja titaanilangat olivat kiinni kappaleessa erittäin tiukasti. Koe siis onnistui puolittain, koska lasite liimasi metallilangat kiinni keramiikkaan. Käytettävyyden ja jatkotyöstön kannalta titaanin karmeneminen oli kuitenkin epäonnistuminen. (kuva 5)



3.)



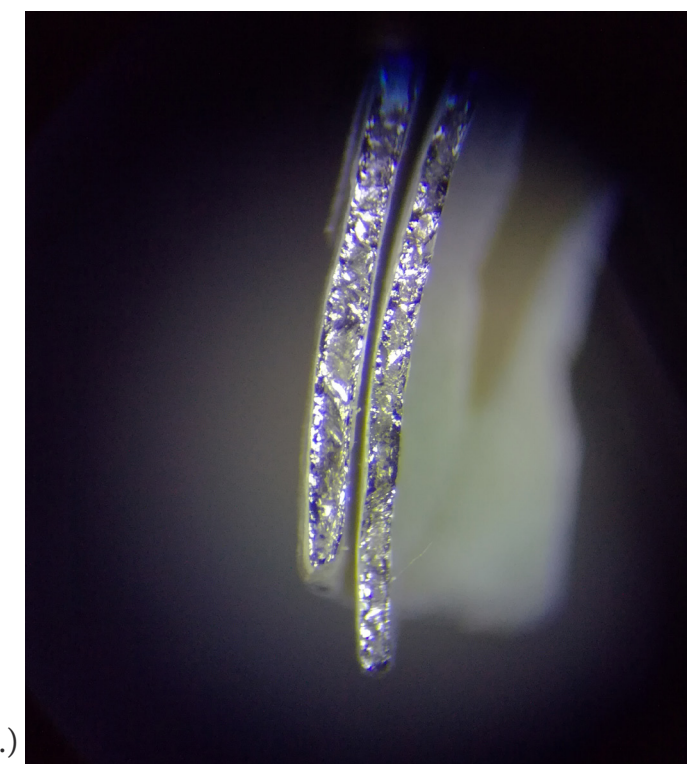
1.)



5.)



2.)

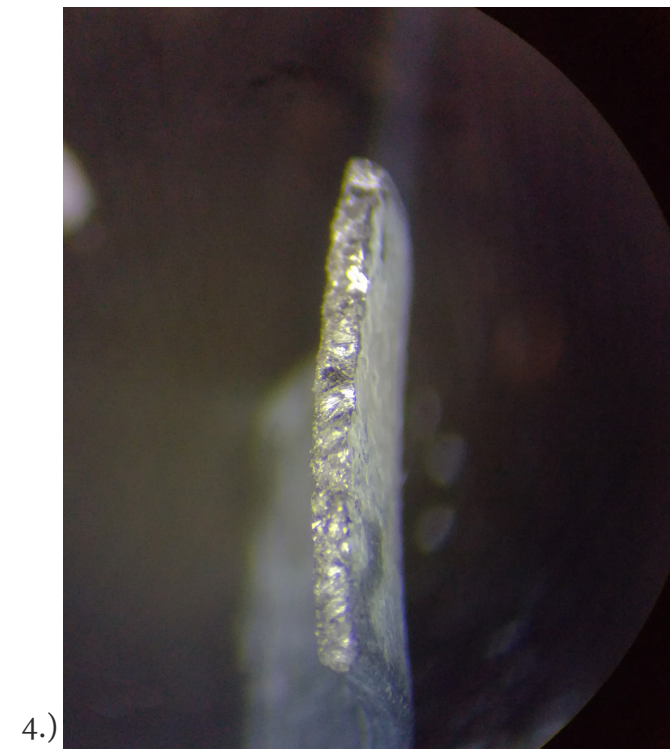
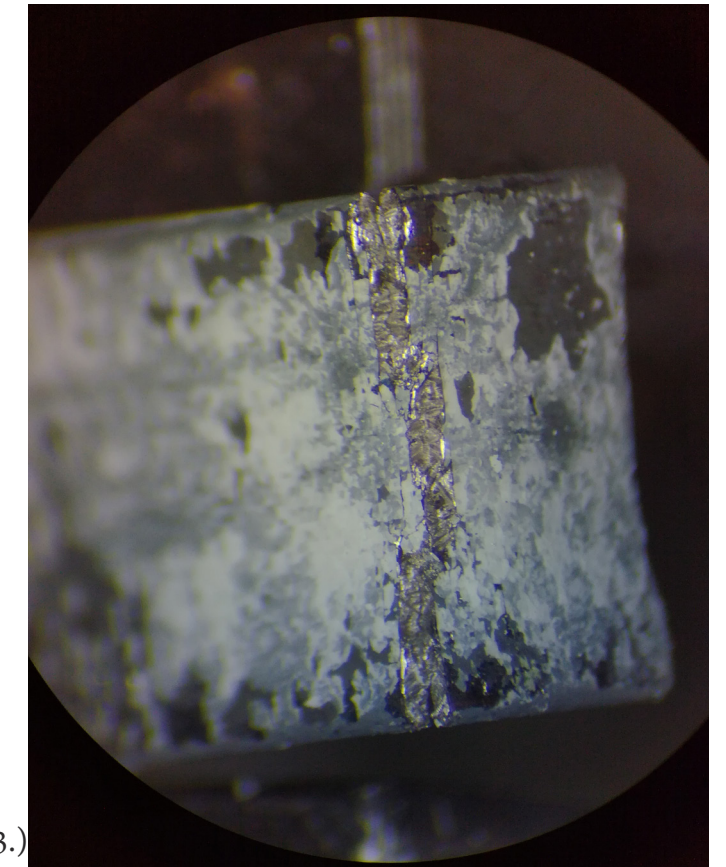


4.)

# Lämmityskokeilu 1.

Halusin seuraavaksi selvittää, kestäkö titaani muuttumattoman keramiikan raakapolttolämpötilan 970 °C, koska silloin voisin käyttää yhdistämiseen alilasevärejä, jotka sulavat osittain jo tuossa lämpötilassa. Siispä lämmitin muutaman titaanikappaleen 970 °C jossa annoin niiden olla 5-10 minuuttia ja jäähdytin uunin. Kappaleiden pinnoille oli muodostunut hieman vaaleamman keltaiset oksidikerrokset kuin edellisessä kokeilussa. (kuva1) Sekin kuitenkin irtosi laattamaisina kappaleina erittäin helposti ja sen alla oli ohut valkoinen pölymäinen oksidikerros, joka irtosi raaputtamalla. (kuva 2)

Metalli oli muuttunut jousikovaksi eli antoi hieman myöten, mutta palautui jousen lailla takaisin. Enemmän taivutettaessa se kuitenkin murtui helposti (kuva 3) ja mikroskoopilla murtumapinnasta huomasi suurentuneen kiderakenteen. (kuva 4) Jatkotyöstämistä ja mekaanista muokkaamista ajatellen titaani oli muuttunut liian kovaksi ja hauraaksi, joten lämpötilaa piti pudottaa edelleen.



# Lasiteliimaus 2. lämmityskokeilu 2. ja lasiteliimaus 3.

Seuraavassa lasiteliimaustestissä kokeilin samaan aikaan kahta alemmaa lämpötilaa ja kahden eri valmistajan mustaa alilasiteväriä. Pidin testikappaleita näissä lämpötiloissa noin 10 minuuttia, jotta lasite ehtisi sulaa riittävästä. Tein myös titaanin lämmityskokeilut samoissa lämpötiloissa lasiteliimauskokeilujen kanssa. Lasiteliimauskokeilujen toteutus oli täsmälleen samanlainen kuin edellisessäkin lämpötilaa ja lasitetta lukuun ottamatta. (kuva 1)

Spectrum underglaze 515 Black

850 °C lasite ei ole sulanut ollenkaan ja tapit lähtevät irti sormilla

900 °C lasite hieman kuroutunut, mutta tapit irtoavat sormilla pyörittäessä

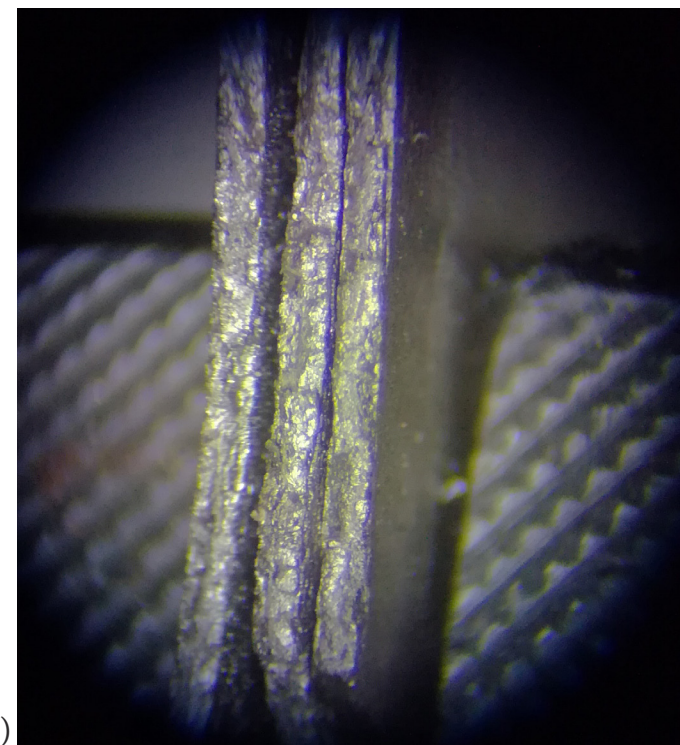
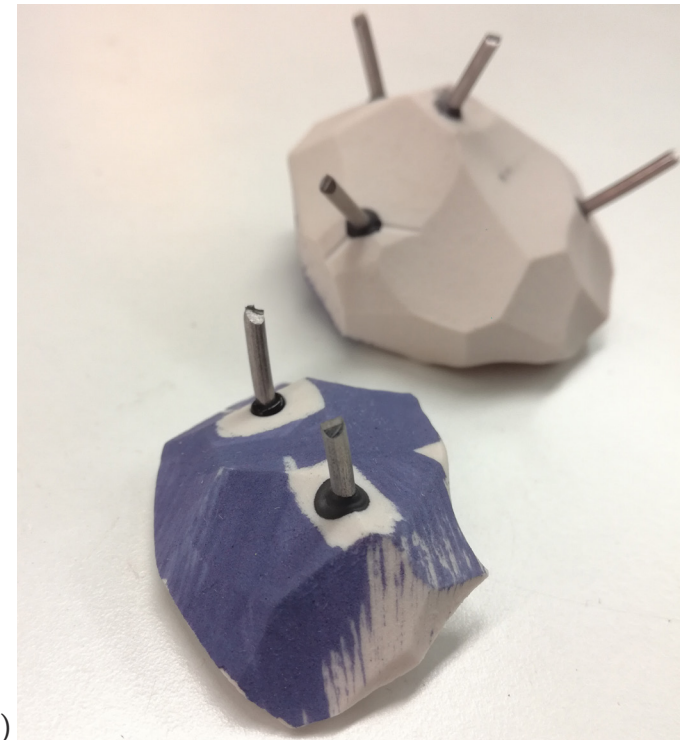
Botz 4004 schwarz

850 °C lasite hieman kuroutunut, mutta tapit lähtevät helposti irti (kuva 2)

900 °C tapit hieman paremmin kiinni, mutta irtoavat pihdeillä kevyesti pyörittämällä

850 °C Titaanikappaleiden pinnassa erittäin ohut harmaa oksidikerros, joka hilseilee helposti pois. Kestää toistuvan taivuttelun murtumatta ja tuntuma lujuudessa muutenkin normaalin lämmittämättömän titaanin luokkaa.

900 °C Titaanikappaleissa kevyt harmaanvihertävä oksidikerros, joka hilseilee pois taivutettaessa. Kestää toistuvan taivuttelun, mutta murtuu ehkä hieman nopeammin kuin 850 °C lämmitetty titaani.



Mikroskoopilla tarkasteltaessa erittäin pientä tai ei havaittavaa eroa kiderakenteessa lämmittämättömän, 850 °C ja 900 °C lämmitetyn titaani välillä. (kuva 3)

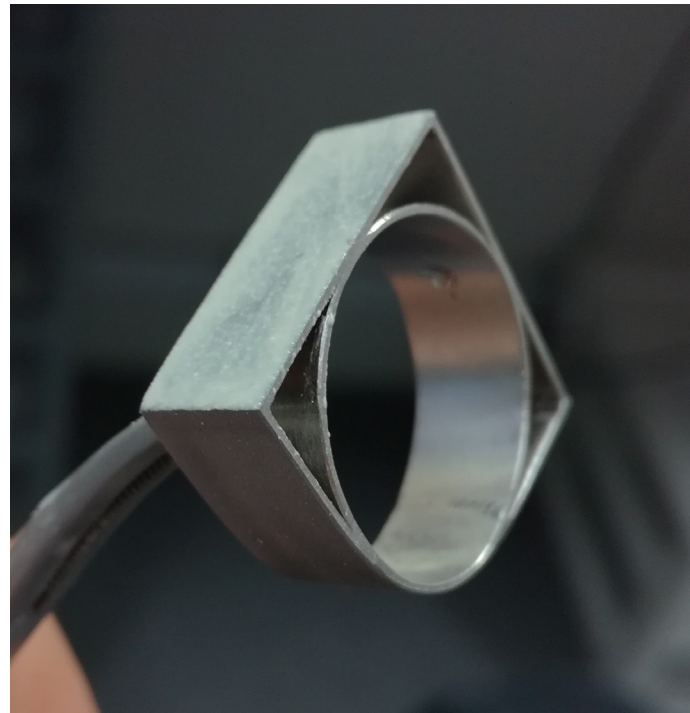
# LIITE 3.

Ennen siirtymistä kokeiluasteelle minun täytyi valmistaa alustat ja kappaleet, joiden päälle tulisin posliinia työstämään. Tiesin jo ennalta hieman, miten prosessi etenee, miten hammasposliinia työstetään ja miten se käyttäytyy, joten tiesin mitä vaatimuksia posliinin perustana toimivalle metallirakenteelle on. Koska hammasposliini käyttäytyy joltain osin samoin kuin emali, tiesin että pinnan täytyy olla täysin jäykkä, koska kuten emali myöskään posliini ei taivu pinnan mukana, vaan rikkoutuu ja irtoilee jos sen pohjana oleva metalli vääntyy. Pohjana käytettävä materiaalin ja rakenteen pitää siis säilyttää jäykkyytensä toistuvista poltoista huolimatta. Kuten jo mainittiin, hammasposliineja voidaan päällepolttaa tietyille kulta- ja palladiumseoksille, kromikoboltille, titaanille ja oksidikeraamisille materiaaleille. Näin ollen titaani oli itsestään selvä vaihtoehto materiaalivalinnaksi, koska se oli ainoa, mitä pystyin työstämään koululla helposti ja taloudellisesti.

Tutkin erilaisia jäykkiä rakenteita ja muotoja, jotka olisi helppo valmistaa. Myös se, että minulla oli titaania vain muutamana eri vahvuisena lankana ja levynä, rajasi hieman vaihtoehtoja. Päädyin aika nopeasti erilaisiin prässättyihin muotoihin, koska ne ovat muotoina helposti valmistettavia ja kuitenkin erittäin jäykkiä. Halusin muotoihin luonnollisuutta, joten tein prässimuotit akryylista ja käytin painintyökaluna normaaleja kiviä, mitä löysin ulkoa. Näin sain epäsymmetrisen luonnollisen näköisen ja jäykän rakenteen, jota voisin halutessani käyttää myöhemmin jossain oikeassa työssä. Prässäsin titaanilevyn tarkoituksella niin, että se menee mutkalle ja taittuu, koska se tuo metalliin kevyen kangasmaisen tunnelman.



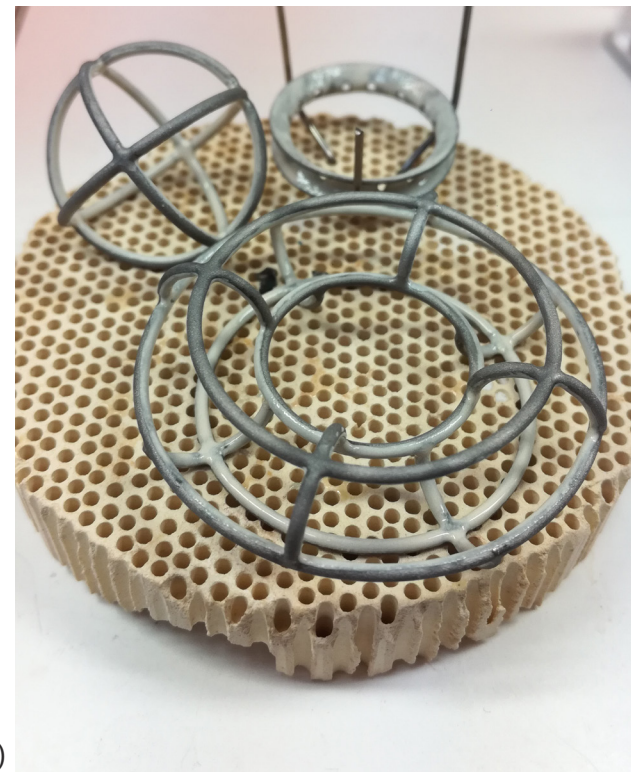




3.)



2.)



1.)

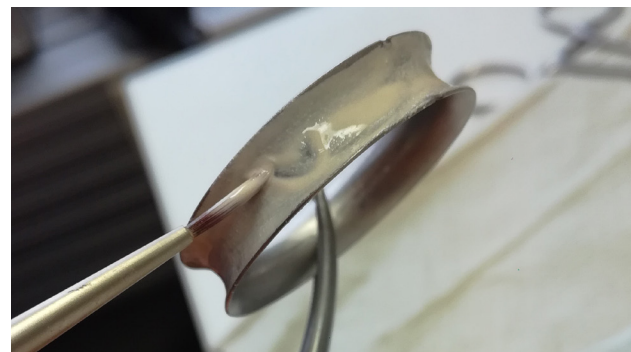
Toisena jäykkänä rakenteena tulivat erilaiset ”rautalankamallit”, jotka ovat kestäviä, mutta kevyitä ja hengittävän näköisiä ja suhteellisen yksinkertaisia valmistaa. Muodoiksi valitsin pallon ja toruksen. Kumpikin näistä muodoista koostuu erikokoisista ympyröistä ja ympyrä on jäykkä rakenne jo itsessään, koska siinä ei ole helposti taittavia kulmia. Hitsasin muodot 1.3 mm vahvasta titaanilangasta. (kuvat 1)

Kolmantena tuli rengasmainen joko ulospäin avautuva tai sisäänpäin supistuva vastakaartuva eli antiklastinen muoto. Nuo muodot ovat erittäin helppoja valmistaa muutamalla perustyökälulla, mutta kuitenkin rakenteena hyvin jäykkiä. Tein 0.6 mm vahvasta levystä kaksi rengasta, jotka hakkasin sormuspinnan päällä täysin pyöreiksi ja sitten heittoprüssiä, joutsenkaulaa, pallopunnsseleita ja palloalasia apuna käyttäen supistin ja levitin halutut muodot. (kuvat 2)

Otin koekappaleeksi myös vanhan sormuksen prototyypin, jonka muoto koostuu nelikulmion sisälle hitsatusta ympyrästä. Omien kokemuksieni mukaan tuo muoto on myös erittäin jäykkä, koska kummatkin muodot tukevat toistensa heikkoja kohtia. (kuva 3)

# Titaanipinnan valmistelu

Ennen posliinin päällepoltoa työstettävät pinnat pitää käsitellä, jotta posliini tarttuisi siihen mahdollisimman hyvin. Aluksi titaanikappaleet hiekkapuhallettiin 150 Mesh karkealla hiekalla, jonka jälkeen ne höyrypestiin, jäähdytettiin jääkaapissa noin 10 minuuttia, höyrypestiin uudestaan ja tämän jälkeen titaani oli valmis posliinin polttoon. Tuon kylmäkäsitelyn parantavaa vaikutusta en oikein ymmärtänyt, mutta käytettävien posliinimassojen valmistajan virallisessa ohjeessa näin neuvottiin tekemään. Ohjeen mukaan kylmäkäsitely jotenkin passivoi metallia, joten metallin pinta ei ehkä ala oksidoitua niin nopeasti, kun se jäähdytetään. (Schutz Dental Group, Tizian, Titanium and zirconium oxide ceramics -ohjevihkonen)



1.)

**4) Frame preparation for titanium / titanium alloy:**

- Sand blast at a pressure of 125-150  $\mu\text{m}$  / 2 bar, at an angle of approximately 45°
- Passivation process: After sand blasting, allow frame structure to cool down for 10 minutes
- Clean the surfaces of the material using a steam blaster
- Only dry frame using oil-free compressed air

Important! Always pay close attention to the manufacturers product information when working with zirconium oxide frame materials

# Kokeilut

Ensimmäinen kerros eli pohjustuskerros levitettiin pensselillä mahdollisimman ohueksi, jottei se turhaan kasvattaisi valmiin posliinikerroksen paksuutta ja näin edistäisi halkeilua. (kuva 1)

Sekoitin pohjustusmassan opaakista valkoisesta ja opaakista punaisesta perusmassasta, johon vielä lisäsin punaista tehosteväriä. Tehostevärit ovat paljon pigmenttiä sisältäviä värimassoja, joita normaalisti käytetään vain luomaan oikeanlaista sävyä tai vivahdetta, jos valmista massaa kyseiselle värille ei löydy. Myöhemmässä kokeilussa kuitenkin paljastui, että niillä voi luoda täydellisiä perusvärejä, kun niitä sekoittaa neutraalinvalkoiseen perusmassaan.

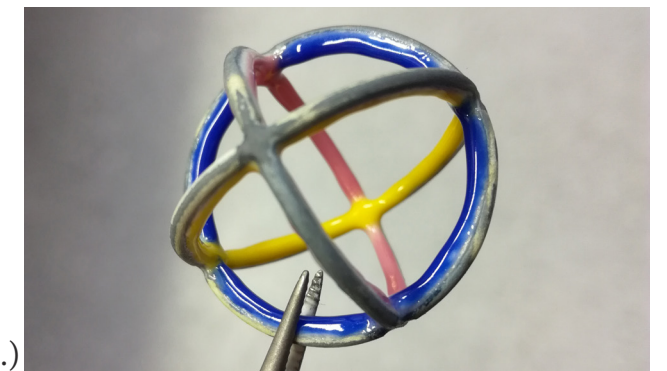
(kuvat 2-4)



2.)



3.)



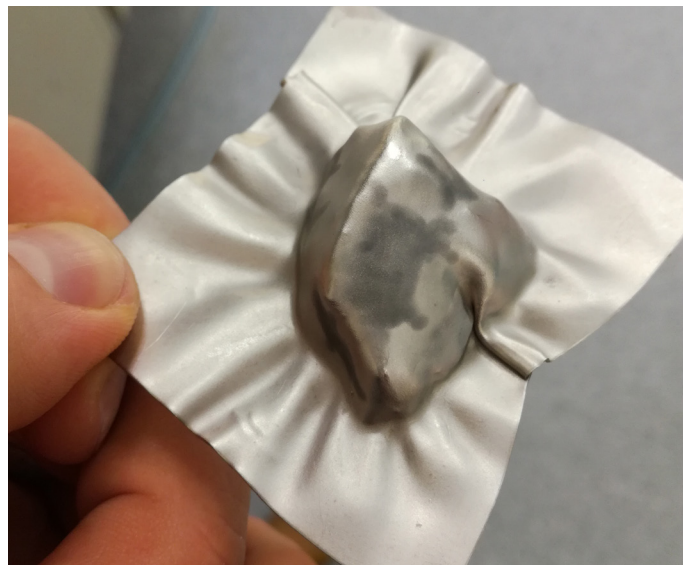
4.)

Kokeilin aluksi yhteen prässätyistä muodoista laikukasta levitystapaa, joten pohjustin vain ne alueet, joihin tulisin myöhemmin kerrostamaan lisää posliinia. (kuva 1)

Poltin tämän laikullisen kokeilun ja lopputulos oli kellertävän valkoiset laikut punaisella vivahteella. Levitin toisen kerroksen, johon lisäsin enemmän punaista, poltin sen ja tuloksena oli porsaanpunaiset laikut. Jatkoin kerrostamista ja poltin kappaleen aina uudelleen uuden kerroksen jälkeen ja väri alkoikin syventyä kolmannen polton jälkeen. (kuvat 2-6) Prosessi eteni kuvien mukaisessa järjestyksessä.

Kolmannessa kerroksessa kokeilin myös rakentaa paksumpia kohtia osaan laikkuja kolmiulotteisen väripinnan aikaansaamiseksi, mutta se ei oikein onnistunut. Hammasposliineja on mahdollista kerrostaa jopa useita millejä, mutta paksuissa kerroksissa halkeilemisen riski kasvaa. Kun posliinimassa uunissa sulaa, kaikki muodot hieman tasaantuvat ja se tulisikin ottaa huomioon jo ennalta. Lopetin kokeilun työstämisen neljän kerroksen jälkeen.

Kun minulla oli nyt pieni käsitys ja teoriapohja, miten työskennellä, aloin tehdä muita kokeiluja. Lähdin kokeilemaan sisäänpäin kaartuvaan renkaaseen reiluja pinnanvaihteluja, ulospäin kaartuvaan renkaaseen ja levystä tehdyn sormuksen pintaan marmorointia, rautalankapalloon kirkkaita perusvärejä ja prässättyihin kappaleisiin suurempia yhtenäisiä väripintoja.



1.)



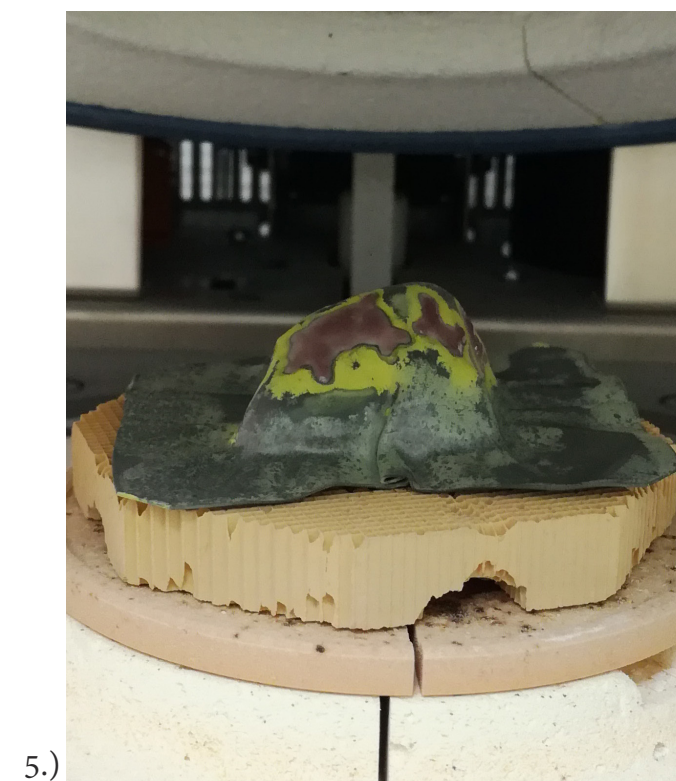
2.)



3.)



4.)



5.)



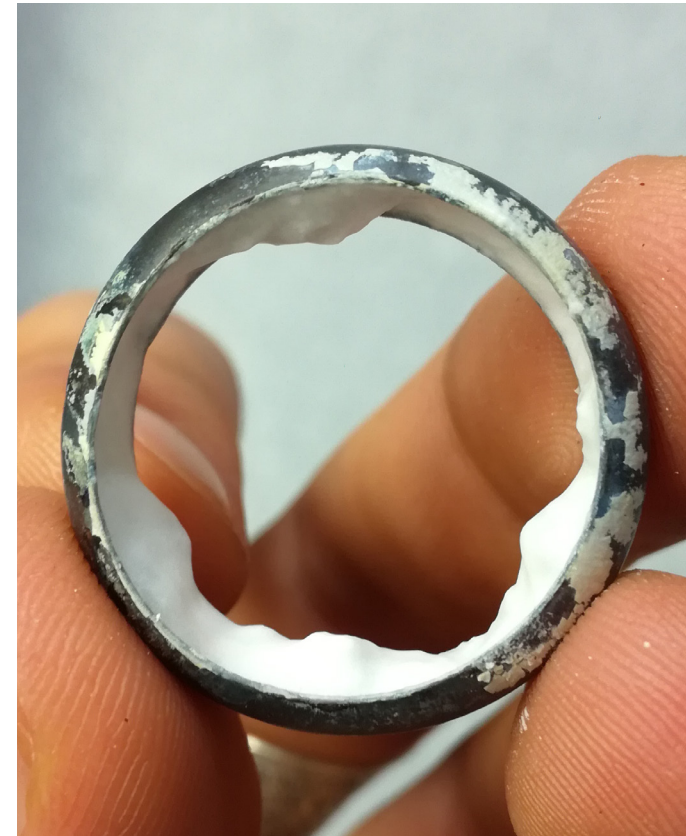
6.)



1.)



2.)



4.)



5.)

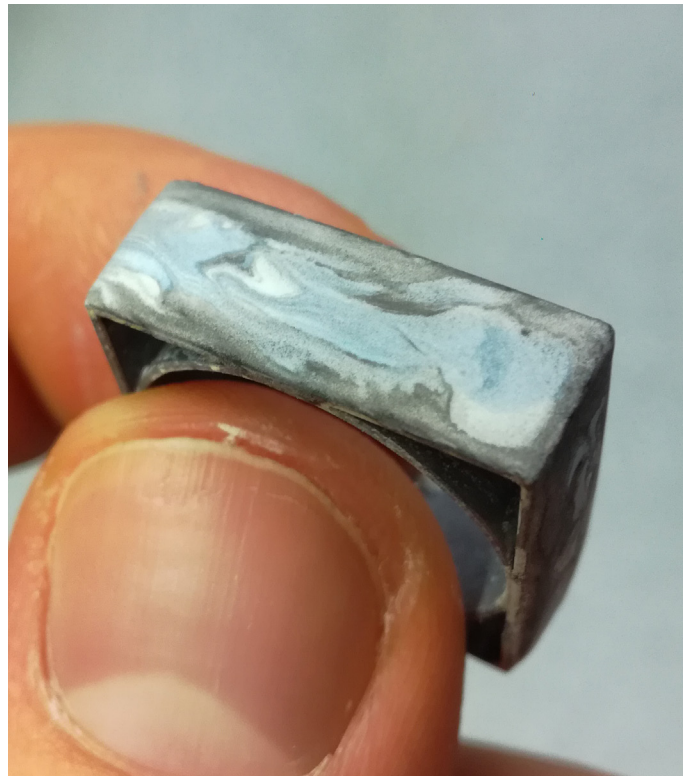


3.)

- Kerrostin pohjustuksen päälle reilun kerroksen valkoista epätasaiseksi pinnaksi. (kuvat 1-2)  
- Seuraavaan kerrokseen tein harmaalla pieniä "vuoria" ja "kukkuloita" ja nuden värisellä seoksella varjostuksen näihin muotoihin. (kuva 3) Lisäsin vielä kerroksen täysin kirkasta transparenttia näiden kahden värin päälle ja poltin kappaleen. (kuva 4)  
- Lopputuloksessa muodot tasaantuivat polton myötä todella paljon ja upeiksi kaavailemani värit näyttivät lähinnä räältä. (kuvat 5-6)



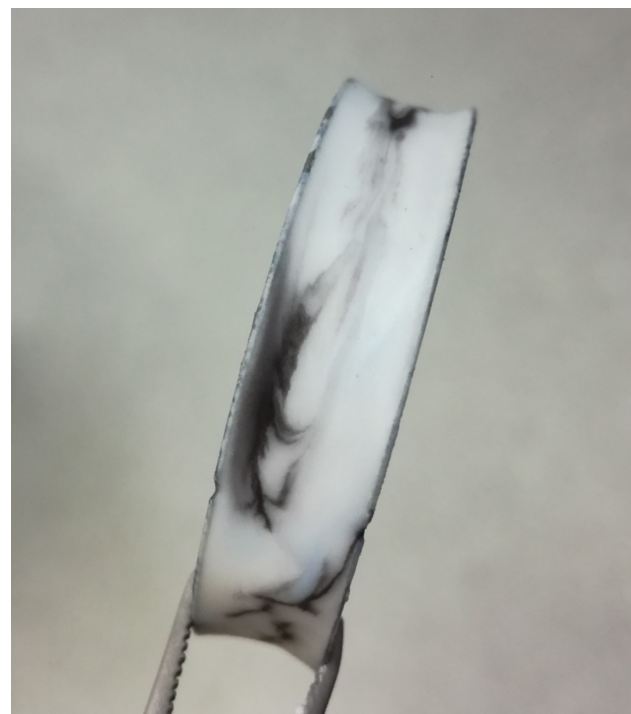
6.)

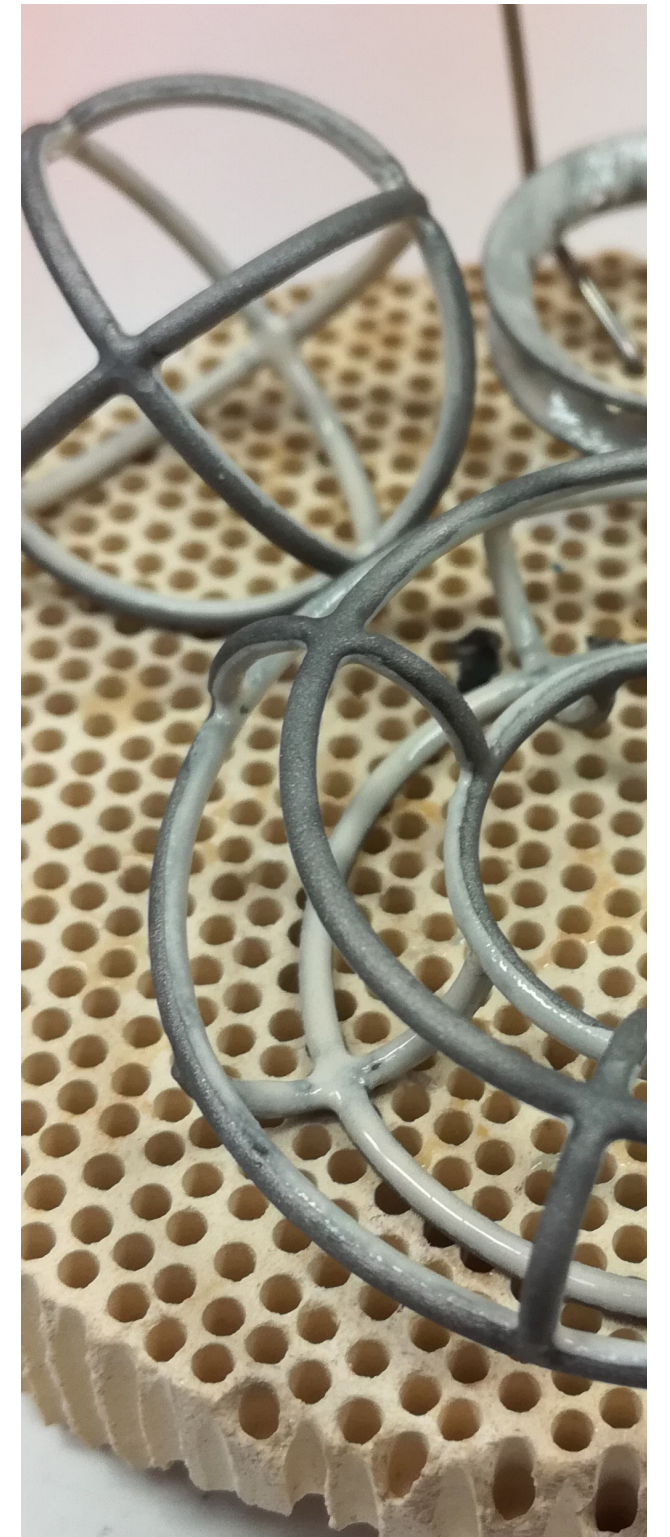
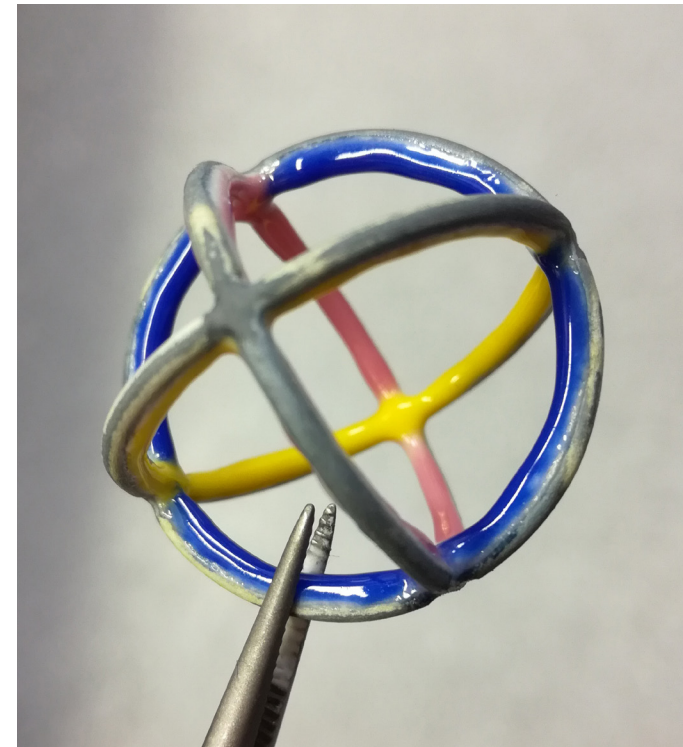
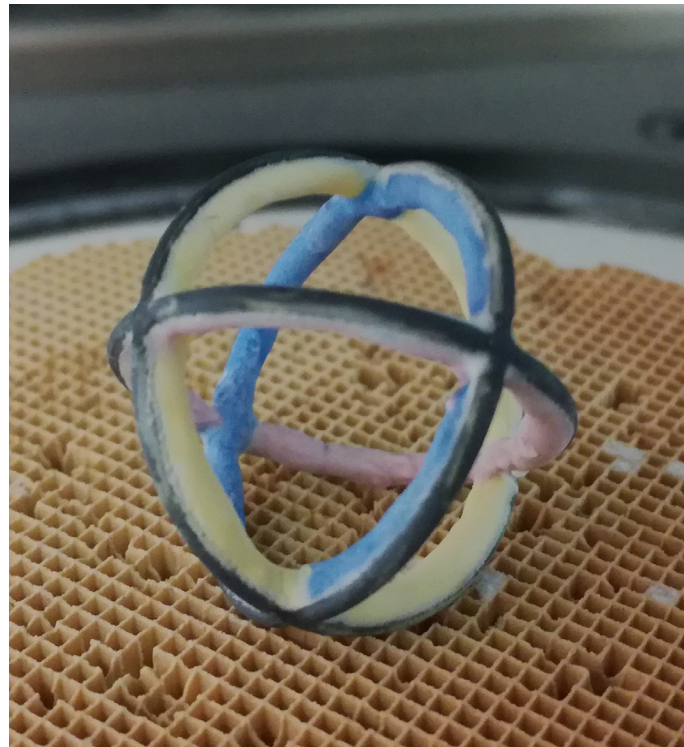


- Poltin renkaaseen ensin kerroksen valkoista pohjalle. Seuraavaksi lisäsin reilun kerroksen väritöntä transparenttia, johon tein marmorointia mustalla ja kahdella eri sinisellä tehostevärillä. Lisäsin pieniä määriä värejä, kun kirkas kerros oli vielä märkä ja valuva, joten värit lähtivät ajelehtimaan itsestään.

- Sormukseen tein saman, mutta valkoisella ja sinisellä värillä mustalle pohjalle.

- Alla oikealla rengas lasitekerroksen jälkeen, joka nosti värejä esiin, lisäsi syvyysvaikutelmaa ja teki pinnasta täysin kiiltävän





- Halusin kokeilla, onko hammasposliineilla mahdollista tehdä täysin puhtaita perusvärejä sekoittamalla tehostevärejä valkoiseen perusmassaan.
- Posliinimassa pysyi ohuella langalla yllättävän hyvin ja tasoittui poltossa suhteellisen tasaiseksi. Kun massa on vielä hieman kostea, se oli helppo tasoittaa täryttämällä kappaletta hieman.
- Torus epäonnistui, koska se on muotona sen verran monimutkainen, että massan levittäminen lankojen sisäpuolelle tasaisesti osoittautui liian vaikeaksi.

- Huomaa kappaleissa langan puoliväliin asemoitu pohjustus, joka oli helppo tehdä jäykän siveltimen lappeella ohuella pohjusteella.

- Kokeilin kahteen prässättyyn muotoon tasaisia väripintoja.
- Kolmiulotteiseen muotoon täysin tasapaksun värin saaminen oli haastellista, koska liian ohut seos alkoi valua ja liian paksu seos taas teki pinnan paksuudesta vaihtelevan.
- Jopa posliinin reuna, mikä normaalisti on pinnan heikoin kohta, näytti hyvältä eikä palanut niin kuin emalleilla usein käy ohenevissa reunoissa.

